



UNITÉ DE RECHERCHE
INRIA-ROCQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
BP 105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél: (1) 39 63 55 11

Rapports Techniques

N° 104

Programme 7

MODULE F : CONSTRUCTION ET MODIFICATION DE MAILLAGES

Paul Louis GEORGE

Décembre 1988



**MODULEF : CONSTRUCTION ET MODIFICATION
DE MAILLAGES**

P.L. GEORGE

MODULEF : CONSTRUCTION ET MODIFICATION DE MAILLAGES

Paul Louis GEORGE

RESUME :

Ce document se propose de regrouper l'ensemble des informations ayant trait aux possibilités de la bibliothèque Modulef dans le domaine des maillages. Il a l'ambition d'aider tout utilisateur désireux de créer des maillages en dimension 2 ou 3, en vue d'effectuer des simulations numériques par la méthode des Eléments Finis, en abordant les aspects suivants :

- 1) Méthodologie de conception.
- 2) Notions sur la structuration des données constitutives d'un maillage informations géométriques, numéro de sous-domaine, numéro de référence.
- 3) Présentation des différents modules existants.
- 4) Illustrations des possibilités offertes.
- 5) Méthode d'utilisation des outils présents.

Le papier se termine par quelques exemples simples permettant une initiation rapide.

MODULEF : MESH GENERATION (USER'S GUIDE)

ABSTRACT :

This paper is devoted to the presentation of the capabilities of the Modulef library regarding the generations and modifications of meshes. The following ideas are introduced :

- 1) Methodology.
- 2) Data structure : geometrical and physical aspects.
- 3) Available features.
- 4) Way of use.

Samples are presented along the last section which are supposed to experience the user with the Modulef language in this respect.

PLAN

ORIENTATION

Liste alphabétique des modules et utilitaires

SECTION 1 : LE MODULE APNOPO - MAILLEUR 2D GENERAL

SECTION 2 : LE MODULE APNOP3 - "MAILLEUR" 3D GENERAL

SECTION 3 : MODULES DE MAILLAGE 3D

COLIB2 découpage de maillages grossiers

GEL3D1 maillage à partir de données différences finies dans les 3 directions

MA2D3D maillage d'un objet de topologie "cylindrique"

SECTION 4 : LES MODULES DE CONSTRUCTION ET DE MODIFICATION DE MAILLAGES

(ordre alphabétique)

SECTION 5 : EXEMPLES SIMPLES D'APPRENTISSAGE

En dimension 2

En dimension 3

INDEX

BIBLIOGRAPHIE

ORIENTATION

MAILLAGE 2D :

Le lecteur se reportera à la section 1, il complétera son information au fur et à mesure en lisant les pages de la section 4 relatives aux modules non décrits dans cette première partie.

MAILLAGE 3D :

Le lecteur se reportera à la section 2 et sera amené, pour des cas de géométrie complexe, à étudier la section 3. La section 4 lui permettra de compléter ses connaissances sur les modules ainsi rencontrés et non décrits dans ces deux parties.

INITIATION :

Outre les exemples présentés au fil des pages, la section 5 décrit complètement l'analyse et la mise en oeuvre de quelques cas représentatifs et relativement simples.

REMARQUE IMPORTANTE :

L'aspect algorithmique n'est ici qu'esquissé, nous renvoyant à [Geo] pour une étude plus complète.

LISTE ALPHABETIQUE

- ADPNOP : définir les noeuds (support des degrés de liberté) s'ils diffèrent des sommets.
Module - section 4 - page 247
via APNOPO - mot clé ADPO section 1 page 45
via APNOP3 - mot clé ADPO section 2 page 89
- AFFNOP : affiner localement un maillage 2D autour de sommets donnés.
Module - section 4 - page 249
via APNOPO - mot clé AFFL section 1 page 43
- AKHHAT : renuméroter noeuds ou noeuds et éléments d'un maillage (voir également GIBBS).
Module - section 4 page 257
- APNOP3 : mailleur 3D activé via mot clé
Super Module - section 2 pages 59 et suivantes
- APNOPO : mailleur 2D activé via mot clé
Super Module - section 1 pages 9 et suivantes
- CLNOPO : lecture du tableau NOP5 d'une S.D. NOPO pour en faciliter la manipulation.
Utilitaire - section 4 - page 263
- COLIB2 : mailleur 3D selon une partition d'éléments grossiers descriptifs d'un domaine.
Module - section 3 - pages 101 et suivantes
section 4 - page 269
- CONOPO : mailleur 2D - 3D manuel à partir de la description totale de chaque élément.
Module - section 4 - page 271
via APNOPO - mot clé MANU section 1 page 35
via APNOP3 - mot clé MANU section 2 page 80
- DEFNOP : création du maillage déformé à partir d'un maillage donné et d'un champ de déplacements (problème d'élasticité).
Module - section 4 page 275
- DILNOP : dilatation anisotropique d'un maillage.
Module - section 4 page 277
via APNOPO mot clé DILA section 1 page 40
via APNOP3 mot clé DILA section 2 page 85

- TTRI3D : découper un maillage 3D composé d'éléments tétraédriques, pentaédriques et hexaédriques en tétraèdres.
Module - section 4 page 279
via APNOP3 mot clé TETR section 2 page 87
- GEL3D1 : mailleur 3D en topologie cubique à partir d'une discrétisation de type différence finie dans les 3 directions.
Module - section 3 pages 133 et suivantes
section 4 page 281
- GEONOP : transformer une S.D. GEOM en une S.D. NOPO.
Module - section 4 page 283
- GIBBS : renuméroter noeuds ou noeuds et éléments d'un maillage.
Module - section 4 page 285
via APNOPO mot clé RENE section 1 page 45
mot clé RENC section 1 page 45
via APNOP3 mot clé RENE section 2 page 89
mot clé RENC section 2 page 89
- IMGEOM : impression du contenu d'une S.D. GEOM.
Module section 4 page 287
- IMNOPO : impression du contenu d'une S.D. NOPO
Module - section 4 page 289
via APNOPO mot clé IMPR section 1 page 48
via APNOP3 mot clé IMPR section 2 page 92
- INFOGE : impression de certains itèms d'une S.D. GEOM
Module - section 4 page 291
- INFONO : impression de certains items d'une S.D. NOPO
Module - section 4 page 293
- INITI : initialiser toutes exécutions.
Utilitaire - section 4 page 295
- MA2D3D : mailleur 3D, méthode d'empilement de couches à partir d'une surface 2D générique.
Module - section 3 pages 165 et suivantes
section 4 page 297
via APNOP3 mot clé MA23 section 2 page 78
- MAOBJE : générateur d'un seul élément.
Module - section 4 page 273
via APNOPO mot clé OBJE section 1 page 36
via APNOP3 mot clé OBJE section 2 page 81

- MODNOP : modifier un maillage via une ou plusieurs transformations géométriques.
Module - section 4 page 299
via APNOPO mot clé TRAN, etc section 1 pages 37 et suivantes
via APNOP3 mot clé TRAN, etc section 2 pages 82 et suivantes
- NOP2P1 : transformer un maillage P2 en un maillage P1.
Module - section 4 page 303
- IOPGEO : transformer une S.D.NOPO en une S.D. GEOM.
Module - section 4 page 305
- PIGRA : améliorer une S.D.NOPO 2D ne contenant que des triangles (voir également REGMA2).
Module - section 4 page 307
- QUA4TR : découper en 4 triangles les quadrangles d'un maillage 2D.
Module section 4 page 311
via APNOPO mot clé Q4T section 1 page 42
- QUACOO : mailleur 2D pour un domaine topologiquement quadrilatéral.
Module section 4 page 313
via APNOPO mot clé QUAC section 1 page 32
- RECOLC : recoller 2 maillages pour en former un seul avec possibilités de "recoller" les 2 S.D. B s'appuyant sur les maillages initiaux afin de construire celle correspondant au maillage final.
Module - section 4 page 315
via APNOPO mot clé RECO section 1 page 41
via APNOP3 mot clé RECO section 2 page 86
- REFNOP : trouver les éléments d'un maillage ayant une face de référence donnée (3D) ou une arête de référence donnée (2D).
Module - section 4 page 319
- REFPOI : trouver les points d'un maillage de référence donnée.
Module - section 4 page 321
- REGMA2 : régulariser par barycentrage un maillage 2D.
Module - section 4 page 323
via APNOPO mot clé REGU section 1 page 42
- RETRIN : subdiviser un maillage par découpe de chaque élément en N**NDIM éléments du même type.
Module - section 4 page 327
via APNOPO mot clé RETR section 1 page 42
via APNOP3 mot clé RETR section 2 page 87

- ROTNOP : effectuer la rotation d'un maillage.
Module - section 4 page 331
via APNOPO mot clé ROTA section 1 page 39
via APNOP3 mot clé ROTA section 2 page 84
- SYMNOP : effectuer la symétrie par rapport à un plan (3D) ou une droite (2D).
Module section 4 page 333
via APNOPO mot clé SYMD section 1 page 37
via APNOP3 mot clé SYMP section 2 page 82
- IN2D3D : transformer un maillage 2D en une surface 3D.
Module - section 4 page 335
via APNOP3 mot clé SU23 section 2 page 79
- IN3D2D : transformer un maillage 3D en un maillage 2D. par mise à 0 des côtes.
Module - section 4 page 339
- TRANOP : traduire un maillage.
Module section 4 page 341
via APNOPO mot clé TRAN section 1 page 38
via APNOP3 mot clé TRAN section 2 page 83
- TRCOAC : extraction des arêtes ou faces référencées d'un maillage.
Module - section 4 page 343
via APNOPO mot clé EXTR section 1 page 47
via APNOP3 mot clé EXTR section 2 page 91
- TRIGEO : maillleur 2D selon la méthode de A. GEORGE à partir de la discrétisation du contour du domaine.
Module section 4 page 345
via APNOPO mot clé TRIA section 1 page 33
- TRIHER : maillleur 2D général selon la méthode des polygones de Voronoï à partir de la discrétisation du contour du domaine.
Module - section 4 page 347
via APNOPO mot clé TRIH section 1 page 34
- TRNOPO : dessiner une S.D. NOPO.
Module - section 4 page 349

SECTION 1

Le module "APNOPO"

Le module APNOPO permet d'enchaîner tous les modules de génération et de modification de maillages bidimensionnels. La structure de données intéressée est NOPO.

SOMMAIRE DE LA SECTION 1 :

1. METHODOLOGIE
2. NOTIONS ESSENTIELLES
3. MODULES EXPLOITANT LA S.D. NOPO
4. ARBRE DE APNOPO
5. APPEL DE APNOPO
 - 5.1. Appel, bibliothèques, fichiers
 - 5.2. Utilisation du preprocesseur APNOXX
 - 5.3. Utilisation "batch" : les données
6. UN EXEMPLE COMPLET

1 METHODOLOGIE

1.1. Le module APNOPO permet de :

- générer des maillages bidimensionnels à partir de la donnée de points, de lignes... et de l'utilisation d'algorithmes de maillage.
- restaurer en mémoire centrale des structures de données NOPO contenant des maillages réalisés par ailleurs (noeuds=sommets)
- modifier ces maillages et les combiner pour former un nouveau maillage auquel sera associé une S.D. NOPO que l'on pourra sauvegarder sur fichier séquentiel.

1.2. La méthodologie est alors la suivante :

Pour générer le maillage d'un domaine :

1. On repère dans ce domaine :

- les parties symétriques par rapport à une droite.
- les parties obtenues par translation d'autres parties.
- les parties obtenues par rotation autour d'un point d'autres parties.
- les parties obtenues par dilatation d'autres parties
- les parties obtenues par composition de ces applications

On détermine ainsi des parties dites primales.

2. Pour chaque partie primale, on cherche le module de maillage convenant le mieux :

- s'il s'agit d'un quadrilatère déformé : QUACOO permettra d'obtenir des triangles ou des quadrangles
- sinon TRIGEO ou TRIHER permettront d'obtenir des triangles
- lorsque le domaine comprend de nombreux sous domaines (cf notion ci-dessous) ou que les éléments à générer sont :
 - * soit peu nombreux
 - * soit identiques : CONOPO (puis éventuellement RETRIN).
- s'il s'agit de mailler en segments à partir de la donnée de tous les points : CONOPO permet cette opération.
- s'il s'agit de mailler en segments à partir de la donnée d'un contour : CONOPO convient également.
- s'il s'agit de mailler des objets catalogues : MAOBBE convient.

3. On effectue alors les symétries, translations, rotations, ... des parties primales ainsi obtenues (MODNOP).
4. On recolle 2 à 2 les parties.
5. On recommence les points 3 et 4 jusqu'à obtention du recouvrement de tout le domaine. (A chaque instant on peut modifier les numéros de sous-domaine ou de référence (MODNOP)).
6. On peut alors affiner localement (AFFNOP), globalement (RETRIN) ou régulariser (REGMA2).
7. On ajoute si besoin est les noeuds non sommets et/ou on retire les sommets de la liste des noeuds (ADPNOP).
8. On peut alors renuméroter les éléments et/ou les noeuds (GIBBS).
9. Il est alors possible de visualiser le maillage obtenu (TRNOPO cf 96).

1.3. Remarques :

Il est possible d'introduire une partie (primale ou non) maillée auparavant, par restauration de la S.D. NOPO la contenant.

Il est possible à tout moment de sauvegarder sur fichier séquentiel une partie quelconque pour imprimer la S.D. NOPO correspondante, ou permettre sa visualisation.

On maîtrise le nombre d'éléments générés par QUACOO, tandis que ce n'est pas le cas de TRIGEO et de TRIHER.

1.4. Un exemple : (voir également la section 5)

Cette méthodologie est illustrée par l'exemple d'un four à induction.

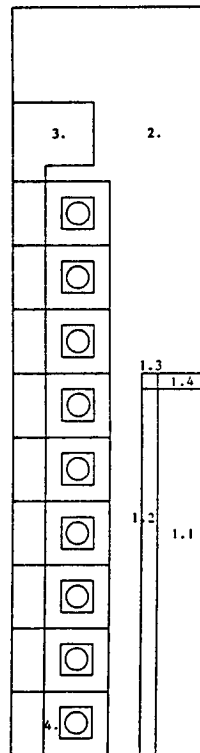


Figure 1

Description générale du domaine :

- 1 : brame ou pièce à chauffer
- 2 : air
- 3 : bouclier
- 4 : la 4ème partie est elle-même
composée de parties primales
- 4.1 : circuit de refroidissement
- 4.2 : conducteur
- 4.3 : air
- 4.4 : bouclier

Méthodologie de maillage de la partie 4 :

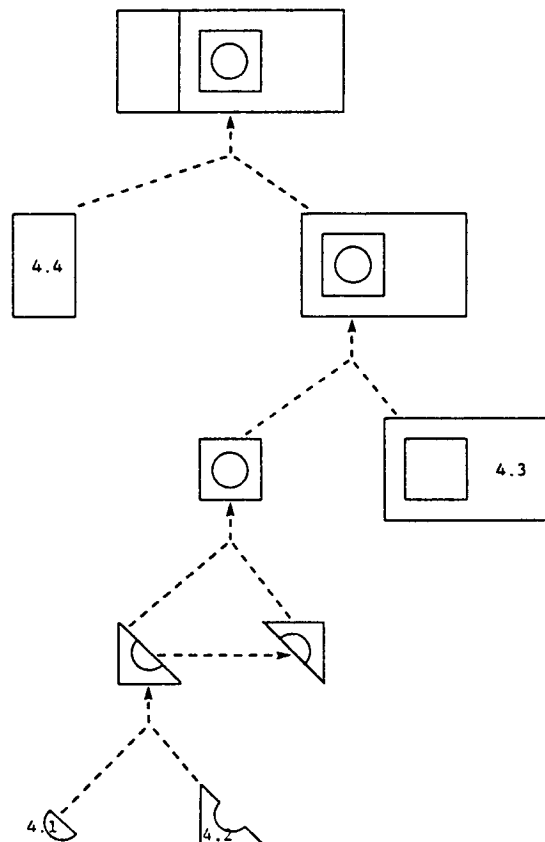


Figure 2

Méthodologie de maillage du domaine entier :

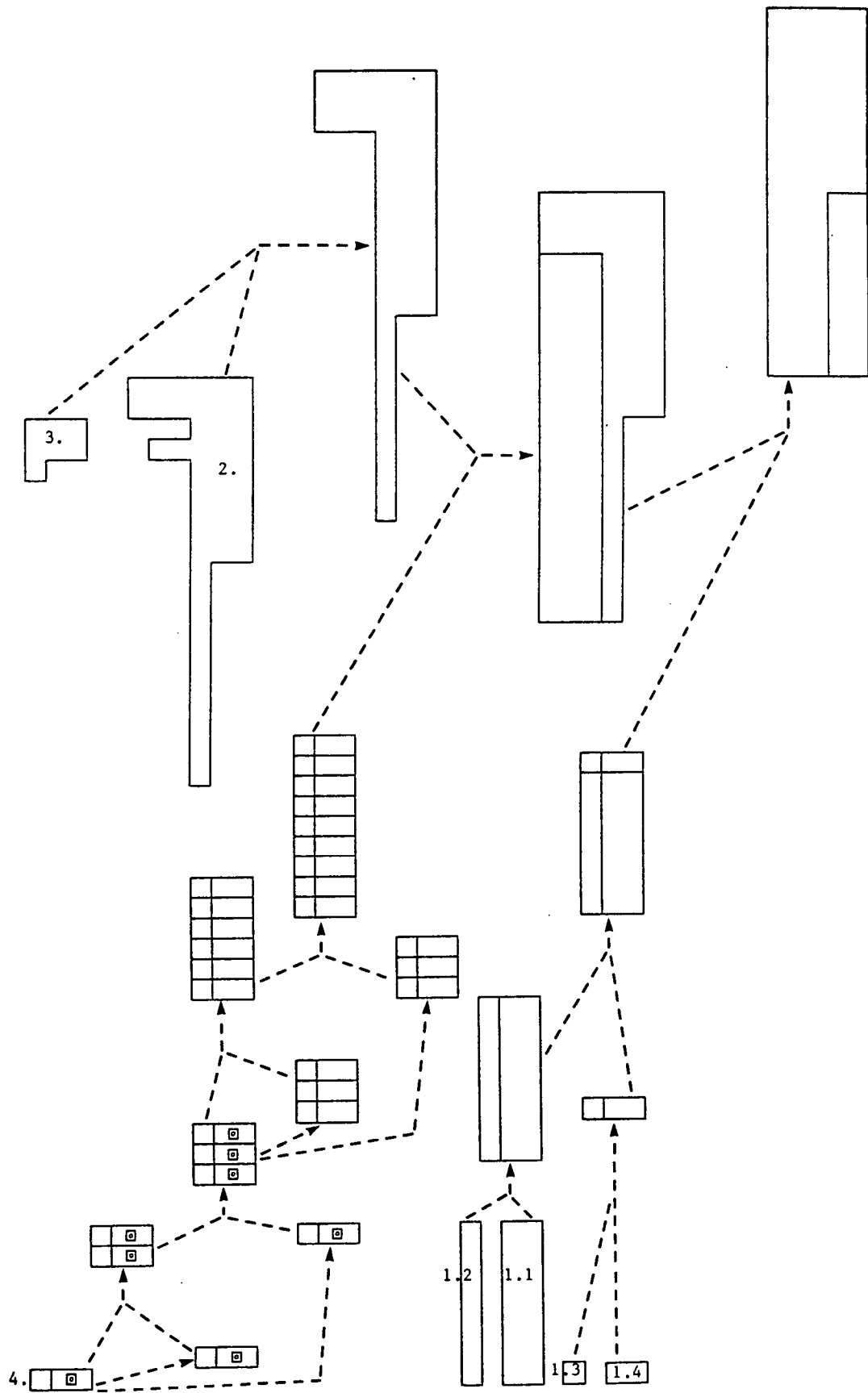


Figure 3

2. NOTIONS ESSENTIELLES

La S.D. NOPO stocke les informations suivantes (cf. 2) :

- numéros des noeuds et des points de chaque élément
- coordonnées des points
- numéro de sous-domaine de chaque élément
- numéros des frontières de chaque élément.

2.1. Les sous-domaines :

La notion de matériau (ex : fer, air, cuivre) est affinée pour permettre de distinguer également deux mêmes milieux soumis à des conditions physiques différentes.

N.B. : Ainsi par exemple, un élément situé dans une partie en cuivre soumis à un échauffement donné sera distingué d'un autre élément situé dans le même milieu mais soumis à un échauffement différent.

La notion de sous-domaine est donc plus fine que celle de matériau. Elle permettra, plus tard, d'associer un certain nombre de variables ou de tableaux aux éléments ainsi décrits. Ceci conduit à une condensation des informations à fournir.

A chaque sous-domaine, ainsi défini, sera associé un numéro.

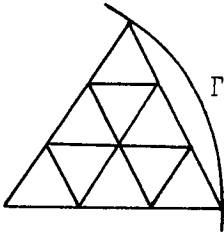
Il est souhaitable de numérotter les sous-domaines de 1 à NDSD si NDSD est le nombre de sous-domaines nécessaires.

2.2. Les frontières :

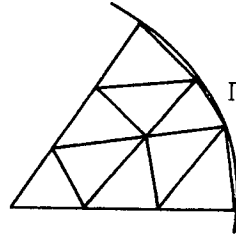
Cette notion permet de préciser deux points :

2.2.1. Au niveau du maillage ou de l'interpolation (cf. 13) la frontière et sa description permettront de forcer le maillage à s'appuyer sur une courbe donnée (cf 2.3).

Exemple :



le maillage ne s'appuie pas sur Γ .



le maillage s'appuie sur la courbe Γ donnée.

Figure 4

2.2.2. Au niveau des conditions aux limites (exemple flux, pression, conditions de blocages ...) la frontière et son numéro permettront d'associer, plus tard, un certain nombre de variables ou de tableaux contenant les données (flux, pression ...) correspondantes.

A chaque frontière, ainsi définie, sera associée un numéro. Il est nécessaire de numérotter les frontières de 1 à NDSR où NDSR est le nombre de frontières nécessaires.

Remarque :

Le point NB de 2.1. est donc valable dans ce contexte précis.

2.3. Introduction d'une courbe

En cas de nécessité, il faut donner de façon analytique les courbes (2.2.1) sur lesquelles s'appuiera le maillage.

Deux possibilités sont offertes :

- programmation d'une FUNCTION fortran c'est la fonction FFRONT(I, X,Y) où I est le numéro de la frontière décrite par la fonction $f(x,y)$

Exemple :

```
FUNCTION FFRONT(I,X,Y)
GO TO (1,2), I
1  FFRONT = (X-2.):**2 + (Y-0.5):**2 - 0.125
RETURN
2  FFRONT = (X - 0.5):**2 + (Y-0.5):**2 - 0.125
RETURN
END.
```

Dans cet exemple la frontière de numéro 1 est décrite par l'expression : $f(x,y) = (x-2)^2 + (y-0.5)^2 - 0.125$, la frontière de numéro 2 est décrite par l'autre équation de cercle.

- utilisation des fonctions interprétées :

Nous renvoyons à (94). Dans l'exemple ci-dessus on aura :

```
COURB01(X,Y) = (X-2):**2 + (Y-0.5):**2 - 0.125
COURB02(X,Y) = (X-0.5):**2 + (Y-0.5):**2 - 0.125
```

Dans le premier cas, il faudra donc écrire une fonction fortran et la joindre à l'exécution, dans le second les courbes seront données dans le fichier donnée (cf 5.3) ce qui évite les éditions de liens.

2.4. Nouveaux numéros de sous-domaines et de références

Compte-tenu de la définition des sous-domaines et des frontières exploitant des informations plus fines que la simple description du matériau ou des courbes sur lesquelles le maillage s'appuie, il peut s'avérer nécessaire de changer des numéros.

Plus précisément : lorsqu'un domaine présente des symétries ou des répétitivités, une partie primale subit translations, rotations, symétries et recollements.

Lors de ces transformations, il n'y a pas de raison qu'un numéro de sous-domaine ou de référence conserve la même valeur puisque les conditions physiques appliquées ou les définitions géométriques des frontières (fonction FFRONT ou fonctions interprétées) peuvent changer.

Exemple :

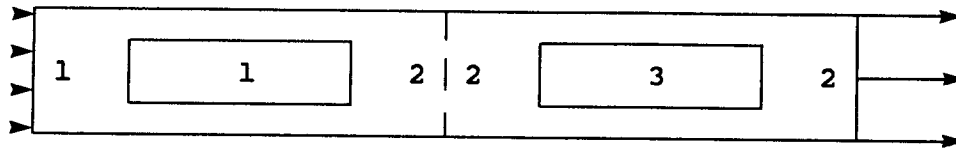


Figure 5

partie primale : sous-domaines 1 : cuivre, 2 : acier
numéro de référence 1 partie encastrée
partie symétrique : sous-domaines 3 : aluminium, 2 : acier
numéro de référence 2 : partie étirée

Le module SYMNOF doit connaître la correspondance

sous-domaine 1	sous-domaine 3
n° de référence 1	n° de référence 2

Cette correspondance sera donnée comme précisé en 5.2.

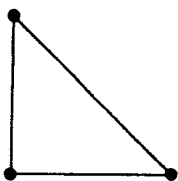
2.5. Noeuds-points. Sommets :

Les parties primales sont maillées en éléments ne comprenant que des sommets (noeud=point)

Rappelons que :

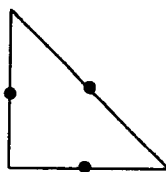
- un noeud est un "point" supportant un ou plusieurs degrés de liberté.
- un sommet est un "point" sommet d'un élément.
- un point est un "point" défini par ses seules coordonnées, il définit la géométrie de l'élément.

L'élément fini choisi peut nécessiter un choix différent :



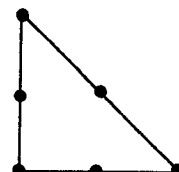
P1 Lagrange

Les 3 sommets sont des noeuds et des points.



P1 Hybride

Les 3 sommets ne sont pas des noeuds.
Les 3 noeuds sont aux milieux des arêtes.



P2 Lagrange droit

Les 3 sommets sont des noeuds et des points.
Il y a 3 noeuds en plus aux milieux des arêtes.

Figure 6

Ainsi pour le premier choix le maillage obtenu convient (sommet = noeud = point).

Pour le second, il est nécessaire d'utiliser le module ADNOP pour :

- ajouter 1 noeud sur chaque arête
- préciser que les sommets ne sont pas des noeuds.

Pour le troisième de même, le module ADPNOP permet :

- d'ajouter 1 noeud sur chaque arête
- préciser que les sommets sont des noeuds.

On se reportera à ADPO (5.3) pour voir la manière de donner ces informations.

3. MODULES EXPLOITANT LA S.D. NOPO

3.1. Généralités

Le module APNOPO permet l'exécution de tous les modules travaillant sur une structure de donnée NOPO en dimension 2.

Tous ces modules, activés par APNOPO, traitent des structures de données NOPO résidant en Mémoire Centrale. Par suite il est possible à tout moment :

- de reporter sur fichier séquentiel une S.D. NOPO créée par APNOPO en mémoire centrale
- de restaurer en mémoire centrale une S.D. NOPO se trouvant sur fichier séquentiel.

Nous présentons ci-dessous les idées générales correspondant à l'architecture du module APNOPO. La méthodologie exposée ci-dessus nous a conduit à distinguer 6 niveaux.

3.2. Les différents niveaux

3.2.1. Premier niveau : préliminaires.

Saisie des données caractéristiques du maillage : points caractéristiques, lignes caractéristiques, fonctions interprétées ...

3.2.2. Niveau deux : génération des sommets du maillage

A partir des renseignements issus du premier niveau, on peut appeler les modules suivants :

CONOPO	: maillage manuel en segments ou triangles ou quadrangles à partir des points caractéristiques.
TRIGEO	: triangulation automatique d'un domaine quelconque en s'appuyant sur les points et les lignes de son contour (A. George).
TRIHER	: idem selon un algorithme différent (Voronoi, Delaunay, Hermeline)
QUACOO	: triangulation ou quadrangulation d'un domaine "quadrangulaire" généralisé à partir des points et des lignes de son contour.
MAOBBE	: mailler le carré unité, le triangle unité... en vue de tests simples.

3.2.3. Niveau trois : manipulation de maillages

Un ou plusieurs maillages (parties primales) étant donnés :

AFFNOP	: maille plus finement autour de certains points.
MODNOP	: dilate un maillage.
RECOLC	: recolle deux maillages.
RETRIN	: subdivise chaque élément en N^2 éléments de même type.
MODNOP	: effectue la rotation autour d'un point d'un maillage.
MODNOP	: maille le symétrique d'un maillage par rapport à une droite.
QUA4TR	: subdivise chaque quadrangle en 4 triangles.
MODNOP	: translate un maillage.
REGMA2	: régularise un maillage.
MODNOP	: modifie les numéros de sous-domaines ou de référence.

A ce niveau on dispose d'une S.D. NOPO contenant :

- les numéros des sommets des éléments
- leurs coordonnées
- les numéros de sous-domaines des éléments
- les numéros de références des frontières des éléments.

3.2.4. Niveau quatre : création des noeuds autres que les sommets si nécessaire.

ADPNOP : génère les noeuds de chaque élément, plus précisément :
ajoute les noeuds sur les arêtes, les noeuds internes et
indique si les sommets sont des noeuds.

3.2.5. Niveau cinq : renumérotation

Pour minimiser, si besoin est, la taille de système matriciel ultérieur :

GIBBS : renumérote les noeuds et/ou les éléments.

3.2.6. Niveau six : sauvegarde de la (des) S.D. NOPO

Tous les modules travaillent avec des S.D. NOPO en mémoire centrale, à tout moment on peut :

TUERSD : supprimer des tables une S.D. devenue inutile.

SAUVER : sauver sur fichier séquentiel une S.D. NOPO afin de pouvoir :

- la dessiner (TRNOPO)

- l'utiliser ultérieurement (COMACO ... résolution)

SDREST : amener en mémoire centrale une S.D. NOPO résidant sur support séquentiel

IMNOPO : imprimer sur listing le contenu d'une S.D. NOPO présente en mémoire centrale.

3.3. Remarques

- la numérotation des niveaux correspond à un ordre logique sauf pour le niveau 6 qui peut être exécuté à tout moment.

- certains niveaux peuvent ne pas être employés

- la visualisation des résultats est effectuée par le module TRNOPO (cf. (96)) après sauvegarde (niveau 6). Il est alors encore possible de modifier interactivement le maillage s'il est du type P1.

- un préprocesseur (APNOXX cf (108)) permet de créer aisément les données nécessaires au module APNOPO. Ces données sont décrites ci-dessous (§ 5.3).

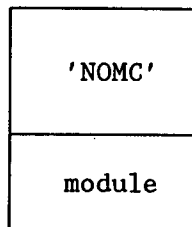
4 ARBRE DE APNOPO

4.1. Mots-clés

Le choix des modules à exécuter par le module APNOPO est gouverné par des mots-clés. Chaque mot-clé activera le module correspondant. La liste des mots-clés est indiquée dans le schéma ci-après.

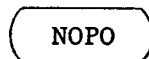
4.2. Arbre

légende



nom du mot-clé

nom du module appelé



structure de données NOPO

MC : mémoire centrale

MS : fichier séquentiel

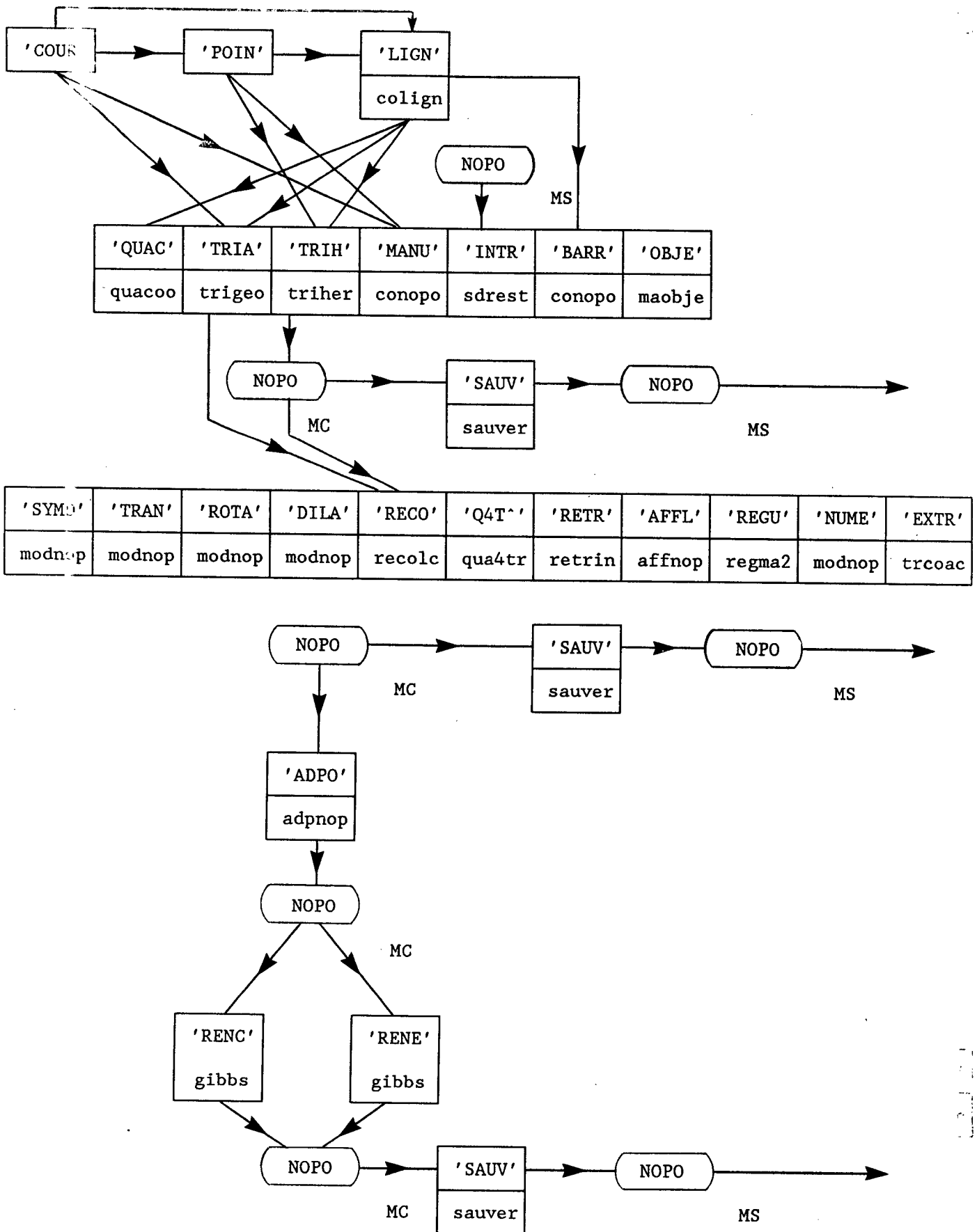


Figure 7

4.3. Le module APNOPO

Chaque module précité peut être exécuté directement (cf. section 4).

Le module APNOPO se propose de les activer à l'aide de mots-clés à partir des 2 notions supplémentaires déjà introduites :

- les POINTS (niveau un)
- les LIGNES (niveau un)

Un domaine bidimensionnel est caractérisé par un ensemble de POINTS. La jonction entre 2 points ou LIGNE permet de décrire chaque contour des parties à mailler. CONOPO demande la liste des points des éléments, QUACOO et TRIGEO ou TRIHER les noeuds du contour de la partie à mailler.

Il reste donc simplement dans ces derniers cas à générer ces noeuds sur chaque LIGNE pour définir un contour par la seule donnée des numéros des LIGNES le constituant.

Exemple :

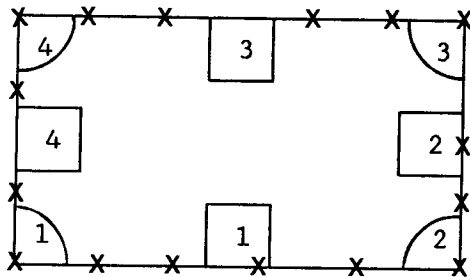


Figure 8

- . 4 points
- . 4 lignes
- . sur chaque ligne des noeuds XX
- . contour : lignes 1, 2, 3, 4.

Avantages :

Les données sont fournies une et une seule fois si le domaine est maillé en 2 parties.

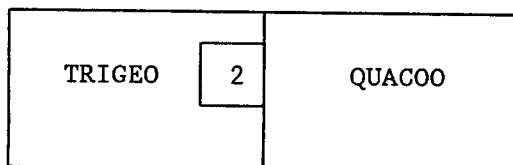


Figure 9

Les noeuds de la ligne 2 sont générés automatiquement par APNOPO une et une seule fois.

Le traitement manuel de TRIGEO, QUACOO aurait conduit à répéter deux fois les données de la ligne 2.

Le nombre de données de APNOPO est ainsi réduit d'autant.

5 MISE EN OEUVRE DU MODULE APNOPO

5.1. Appel - bibliothèques - fichiers :

5.1.1. Appel

L'exécution du module APNOPO nécessite :

- un programme d'appel Fortran
ou APNOXX (bibliothèque PPAL)
- la fonction FFRONT(I,X,Y)
ou les fonctions interprétées
- des cartes données (cf 5.3)
- une compilation
- une édition de liens
- un chargement

5.1.2. Programme principal

Le programme APNOXX peut être utilisé (cf brochure n° 108)

sinon :

```
COMMON M(LM)
EXTERNAL FFRONT
CALL INITI (M,LM,IMPRE,NNN)
avec LM, IMPRE et NNN à initialiser
CALL APNOPO (M,M,FFRONT)
...
STOP
END
```

5.1.3. La fonction FFRONT :

Si le nombre de courbes internes ou frontalières est nul ou si on utilise les fonctions interprétées il n'y a pas de fonction FFRONT.

sinon :

```
FUNCTION FFRONT (I,X,Y)
GO TO (n1, n2,...), I
n1 FFRONT = ...
RETURN
.
.
RETURN
END
```

5.1.4. Edition de liens :

Les bibliothèques utiles :

NOP2, NOPO, UTSD, UTIL, UTIF, CONV ...

5.2. Utilisation du preprocesseur APNOXX

Ce préprocesseur (cf. 108) permet la création conversationnelle d'un fichier de données formatté comme ci-dessus puis l'activation des différents modules en fonction du contenu de ce fichier de données.

5.3. Utilisation "batch" : les données

Les valeurs à fournir doivent suivre les règles du FORMAT LIBRE (cf. 1).

légende :

* VAL (TYPE) description

avec * : pointe sur une ligne de donnée

VAL : nom de la variable du tableau, ...

(TYPE) : (I) entier (R) réel simple précision

(A) caractère

description : commentaires sur la donnée concernée.

1. Les données d'INITI :

* TITRE (A) 72 caractères, ce titre sera affecté aux
maillages créés.

2. Mot-clé COUR donner les équations des courbes d'un maillage sans recourir à une fonction fortran.

* COUR (A) le mot-clé à activer

* IMPRE (I) paramètre d'impression (0, 1, ...)

→ Boucle J=1 au nombre de fonctions à donner

 * 'COURBNN (X,Y) = (X-1)**2 + (Y-2)**2 - 0.125 ;'
 (par exemple) l'équation de la courbe repérée par le
 numéro NN ;
 mettre entre ' ' les expressions et finir par ;

→

* FIN (A) indique la fin des données de ce mot-clé.

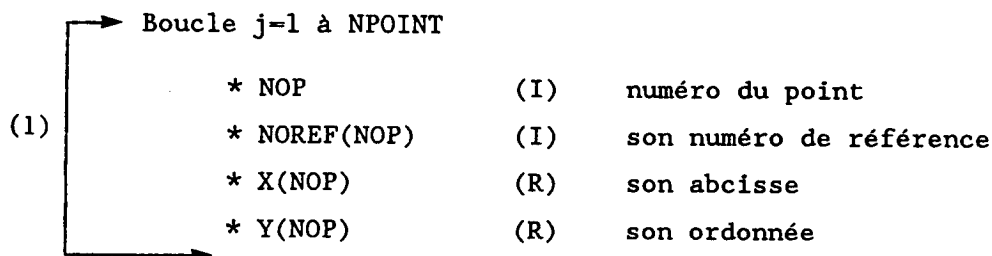
Remarques :

* Si on utilise la fonction fortran FFRONT, ce § est inutile. Il en est de même s'il n'y a pas de projections à effectuer. Pour plus de détails voir l'exemple.

* Les NFONC courbes peuvent avoir des numéros NN quelconques (de 1 à 99) ; rappelons que la courbe de numéro NN sera utilisée lorsque la référence (de lignes, ou d'arêtes) NN sera rencontrée (mot clé LIGN, mot clé RETR).

3 Mot-clé POIN générer les points caractéristiques

- * POIN (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression (0, 1, ...)
- * NPOINT (I) nombre de points caractéristiques du maillage



Les points peuvent être donnés dans le désordre (NOP).

Remarque :

Si les points caractéristiques ne se prêtent pas à une saisie manuelle mais, de par leur nombre ou leur position à particulariser, sont plus faciles à saisir via un sous-programme, il convient d'écrire le sous-programme SPDPTS qui sera activé par APNOPO.

La méthode à suivre est la suivante :

1) création des données : mot-clé POIN :

NPOINT négatif avec |NPOINT| le nombre de points

2) écrire le sous-programme SPDPTS

3) exécution de APNOPO : puisque NPOINT < 0, les points ne seront pas lus sur le fichier de données mais seront issus de SPDPTS.

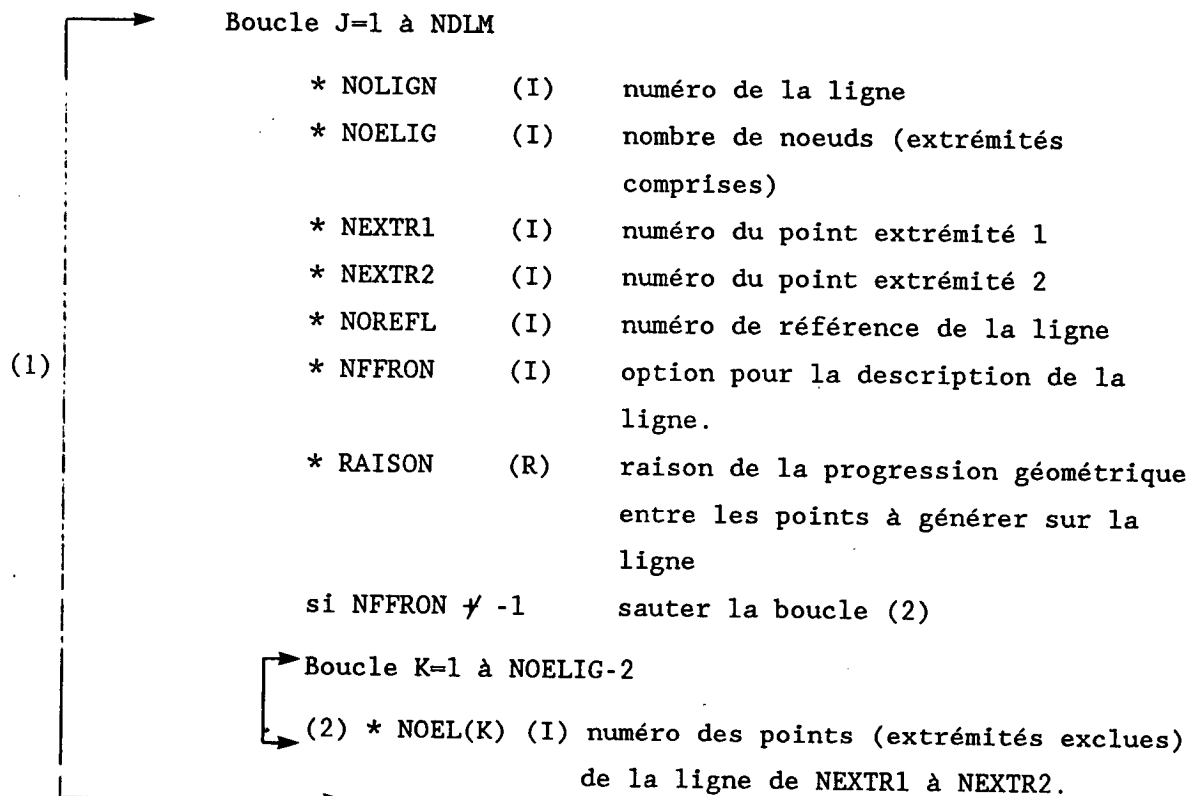
```

SUBROUTINE SPDPTS(NPOINT,MPPOI,MNRPC,XMCOOP)
C ++++++
C BUT : SAISIR LES POINTS CARACTERISTIQUES ( CF APNOPO )
C ---
C PARAMETRES D'ENTREE :
C -----
C NPOINT : LE NOMBRE DE POINTS
C
C PARAMETRES DE SORTIE :
C -----
C MPPOI : J = MPPOI(I)        LE POINT LOCAL I EST LE POINT GLOBAL J
C MNRPC : MNRPC(I)           REFERENCE DU POINT LOCAL I
C XMCOOP : XMCOOP(1,I) = X(I) XMCOOP(2,I) = Y(I) LES COORDONNEES
C ++++++
C DIMENSION MPPOI(*),MNRPC(*),XMCOOP(*)
C CALL ARRET(86)
END

```

4. Mot-clé LIGN générer les lignes caractéristiques

- * LIGN (A) le mot à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression (0,1,...)
- * NDLM (I) nombre de lignes caractéristiques du maillage total

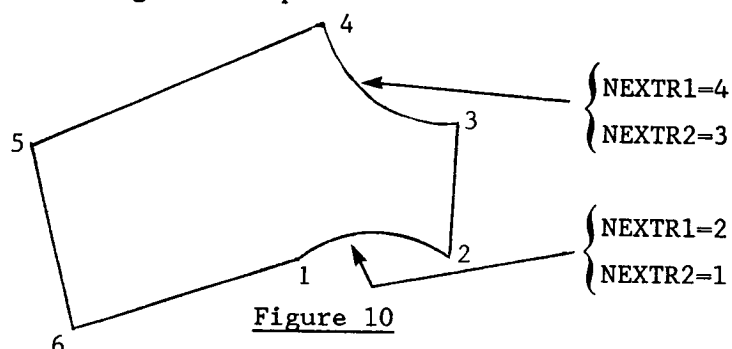


L'ordre des lignes est indifférent (NOLIG)

Pour NFFRON plusieurs cas sont possibles :

- NFFRON > 0 la ligne est décrite par la FUNCTION FFRONT (NOREFL, X, Y) ou par COURBJJ pour JJ = NOREFL
- NFFRON = 0 la ligne est la droite joignant NEXTR1 à NEXTR2
- NFFRON = -1 les points intermédiaires sont fournis par cartes données (boucle (2))
- NFFRON = -2 la ligne est la portion de cercle centré à l'origine et passant par NEXTR1 et NEXTR2 (attention au sens).

Si une fonction descriptive est utilisée, la ligne doit être décrite dans le sens trigonométrique

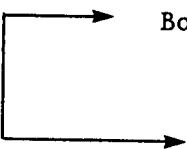


5 Mot-clé QUAC

triangler ou quadrangler un domaine défini par son contour.

POIN et LIGN ont été exécutés.

- * QUAC (I) le mot à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NUDSD (I) numéro de sous-domaine de la partie à mailler
- * NBRELI (I) nombre de lignes du contour de cette partie
- * NS1L (I) sens de parcours de la 1ère ligne du contour :
1 : de NEXTR1 vers NEXTR2
-1 : sinon

(1)  Boucle J = 1 à NBRELI

* NOLI (I) numéro de la Ième ligne du contour décrit dans le sens direct.

- * IMAX (I) nombre de points sur le 1er côté du quadrilatère courbe à mailler
- * NQUAD (I) 1 maillage en quadrangles
0 maillage en triangles
-1 idem et traitement particulier des coins
-2 (et -3) idem avec un maillage plus régulier et traitement particulier des coins.
-4 (et -5) idem avec un maillage plus régulier

Deux lignes se suivant doivent avoir une extrémité commune.

Le nombre de points sur le contour doit être pair.

Exemple : détermination de JMAX :

le nombre de points des cotés 2 et 4
4 IMAX = 6 (donné)

Il y a 21 points au total : donc
JMAX = 6 (calculé)

Les 4 côtés du quadrilatère courbe sont alors parfaitement définis (voir dessin) par la donnée des lignes du contour : 12 - 1 - 4 - 7
□ extrémité d'un côté.

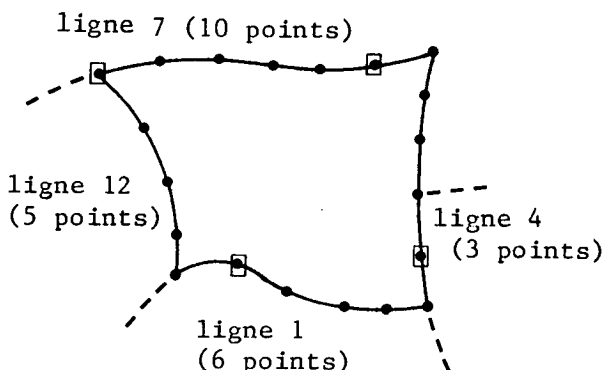


Figure 11

Remarque : IMAX ≥ 2 (JMAX calculé idem)

6. Mot-clé TRIA trianguler un domaine quelconque

* TRIA (I) le mot à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NUDSD (I) numéro de sous-domaine de la partie à mailler
* NBRELI (I) nombre de lignes du contour de cette partie
* NS1L (I) sens de parcours de la première ligne du contour
 1 : de NEXTR1 vers NEXTR2
 -1 : sinon

→ Boucle J = 1 à NBRELI
 * NOLI (J) (I) numéro de la Ième ligne du contour
→ décrit dans le sens direct.

Une ligne peut apparaître 2 fois dans le contour : les points seront identifiés (ex : appuyer le maillage sur une ligne)

NOLI (J1) = K et NOLI (J2) = K

Deux lignes identiques peuvent apparaître : les points ne seront pas identifiés (ex : fissure).

NOLI (J1) = K1 et NOLI (J2) = K2 avec la ligne K2 définie comme la ligne K1 (même attributs, sauf le numéro de référence).

7. Mot-clé TRIH trianguler un domaine quelconque

* TRIH (1) le mot à activer
* IMPRE (1) paramètre d'impression
* NIVEAU (1) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NUDSD (1) numéro de sous-domaine de la parie à mailler
* NBRELI (1) nombre de lignes du contour de cette partie
* NSIL (1) sens de parcours de la première ligne du contour
 1 : de NEXTR1 vers NEXTR2
 -1 : sinon

→ Boucle J = 1 à NBRELI
 * NOLI (J) (1) numéro de la lème ligne du contour
 décrit dans le sens direct pour la
 frontière extérieure décrite en
 premier et indirect pour les
 éventuels trous

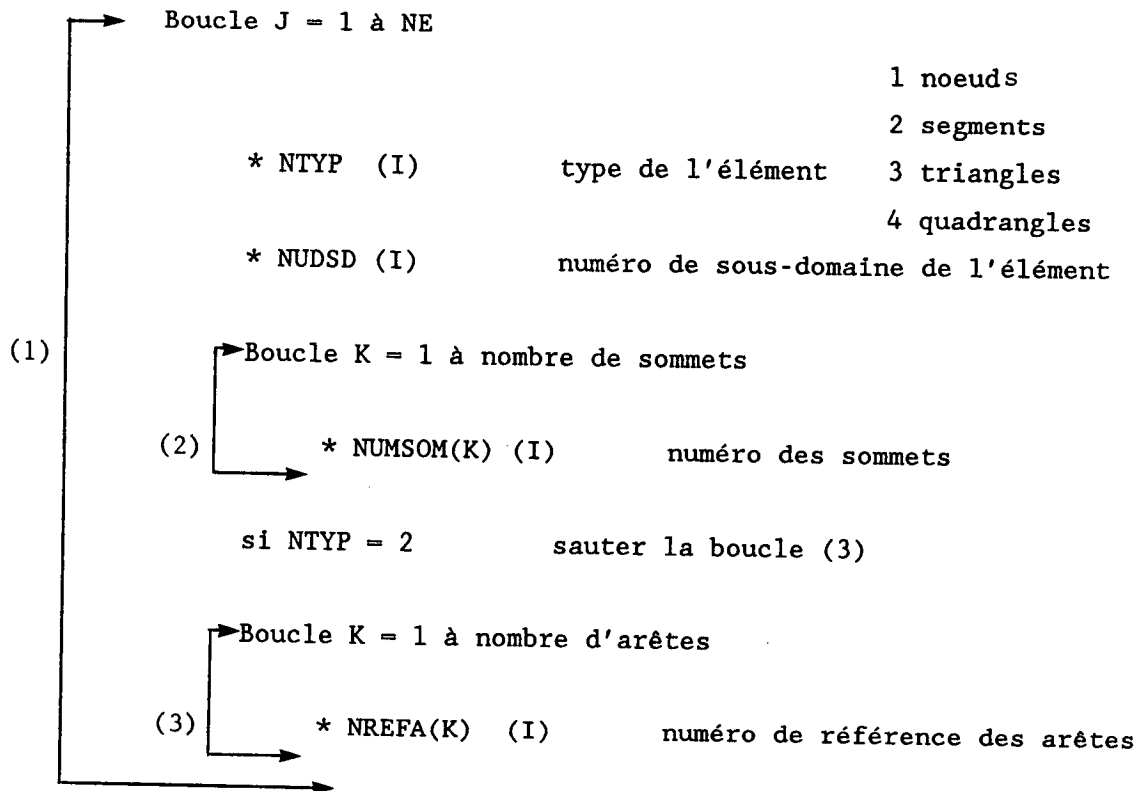
* NCOMP (1) nombre de composantes connexes de la frontière
* NBRINT (1) nombre de points internes fixés autoritairement
* IOPT (1) création des points internes
 0 : le mailleur ne génère aucun point interne
 1 : il génère tous les points internes
 -1 : il génère des points internes en plus de ceux
 donnés

→ Boucle J = 1, NCOMP
 * NTACO(J) (1) nombre de lignes de la composante
 J(>0 la lère ligne de ce contour
 est parcourue dans le sens NEXTR1
 vers NEXTR2 (<0 sinon)
 (même ordre que NOLI)

(si = 0) → Boucle J = 1, NBRINT
 * NUMPIN(J) (1) les numéros des points internes (ce
 sont des points caractéristiques).
 * DIAM(J) (R) le h local pour ce point (diamètre
 souhaitable des éléments autour du
 point)

8. Mot-clé MANU ... générer des triangles ou des quadrangles
manuellement

* MANU (A) le mot à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NE (I) nombre d'éléments à générer



Remarques :

* NUMSOM(K) est un des points de POIN qui a dû être exécuté auparavant.

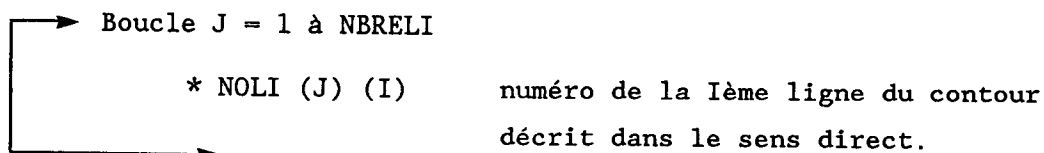
* L'ordre des sommets et des arêtes est l'ordre standard de la S.D. NOPO (cf 2).

* Le numéro de référence des arêtes permettra éventuellement des rétriangulations (RETRIN) avec projections (FFRONT ou fonctions interprétées).

9. Mot-clé BARR

mailler en segments un contour

- * BARR A le mot à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NUDSD (I) numéro de sous-domaine de la partie à mailler
- * NBRELI (I) nombre de lignes du contour de cette partie
- * NS1L (I) sens de parcours de la première ligne du contour
 1 : de NEXTR1 vers NEXTR2
 -1: sinon



Le contour est défini par une succession de lignes.

10. Mot-clé OBJE

mailler un élément unité

- * OBJE (A) le mot à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NCGE (I) code géométrique de l'élément
 1 : point, 2 : segment, 3 : triangle,
 4 : quadrangle
- * IREF (I) option pour les références
 0 : toutes les références (arêtes, sommets) à 0
 1 : toutes les références sont différenciées
 sommet 1, 2, 3, (4)
 arêtes (4), 5, 6, 7, (8)

Remarques :

- i) le numéro de sous-domaine est mis à 1
- ii) 'NUME' peut être utile pour modifier des numéros.

11 Mot-clé SYMD générer le maillage symétrique d'un maillage donné par rapport à une droite.

- * SYMD (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

 → Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 → * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

 → Boucle J = 1 à NBNNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 → * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

- * A (R) paramètres de symétrie : ce sont les coefficients
- * B (R) de la droite d'équation : $Ax + By + C = 0$
- * C (R)

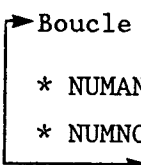
Remarque :

* Si un numéro de référence indique la présence d'une courbe (FFRONT ou fonctions interprétées), on veillera à établir la cohérence entre la courbe initiale et la courbe transformée).

1. Mot-clé TRAN générer le maillage translaté d'un maillage donné

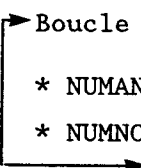
- * TRAN (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

(1)  Boucle J = 1 à NBNNF

- * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
- * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

(2)  Boucle J = 1 à NBNNSD

- * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
- * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

- * A (R) paramètres de translation : la composante en x
- * B (R) puis en y du vecteur translation.

Remarque :

Voir remarque SYMD.

13. Mot-clé ROTA générer le maillage obtenu après rotation d'un maillage donné

* ROTA (A) le mot-clé à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
* NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
* NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

 → Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

 → Boucle J = 1 à NBNNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

* TETA (R) angle en degré de la rotation
* X (R) abscisse du centre de rotation
* Y (R) ordonnée du centre de rotation

Remarque :

Voir remarque SYMD.

14. Mot-clé DILA générer le maillage dilaté d'un maillage donné

* DILA (A) le mot-clé à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
* NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
* NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

 → Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 → * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

 → Boucle J = 1 à NBNNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 → * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

* DIL X (R) coefficient de dilatation en x
* DIL Y (R) coefficient de dilatation en y
* XINVA (R) abscisse d'un point invariant pour cette transformation
* YINVA (R) son ordonnée

Remarque :

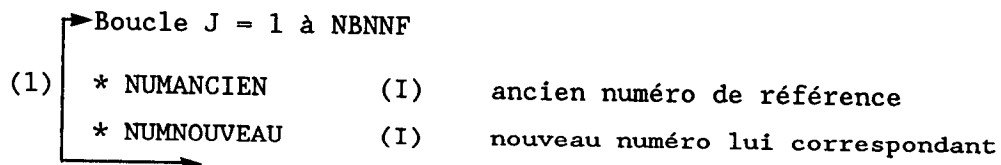
Voir remarque SYMD.

15. Mot-clé RECO

générer le maillage obtenu par recollement de deux maillages donnés

- * RECO (A) le mot-clé à activer
 - * IMPRE (I) paramètre d'impression
 - * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale numéro un
 - * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale numéro deux
 - * NIVO3 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
 - * EPS (R) précision de recollement
 - * IOPT (I) option de recollement
- 0 deux points identiques de numéros de référence différents sont recollés. La référence est mise à zéro.
- 1 deux tels points ne sont pas recollés
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
 - * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

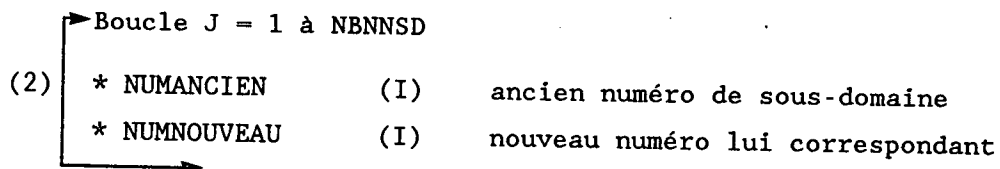
(1) 

Boucle J = 1 à NBNNF

* NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence

* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

(2) 

Boucle J = 1 à NBNNSD

* NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine

* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Les 3 niveaux doivent être différents.

16. Mot-clé Q4T couper chaque quadrangle en 4 triangles

- * Q4T (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat

17. Mot-clé RETR retriangler chaque élément

- * RETR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * N (I) paramètre de subdivision

Chaque triangle est subdivisé en N^2 triangles

Chaque quadrangle est subdivisé en N^2 quadrangles.

Remarque :

Les références des arêtes indiquent éventuellement la présence de courbes (FFRONT ou fonctions interprétées).

18. Mot-clé REGU régulariser un maillage

- * REGU (A) le mot clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat.

19. Mot-clé AFFL Affinage du maillage autour de certains sommets

- * AFFL (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NQUAD (I) en découpant les triangles on peut générer des
 quadrilatères : 1
 sinon 0
- * LSAT (I) nombre de sommets à traiter

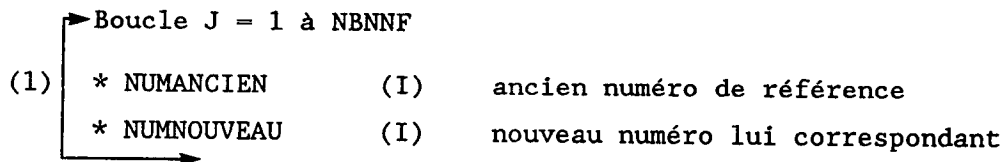
 → Boucle J = 1 à LSAT
(1) NUMSOM(J) (I) numéro du Jième sommet autour
 → duquel on veut affiner.

Si on veut affiner N fois autour d'un sommet, il suffit de le déclarer autant de fois dans LSAT et dans la liste NUMSOM.

10. Mot-clé NUME changement de numéro

- * NUME (A) le mot clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat.
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

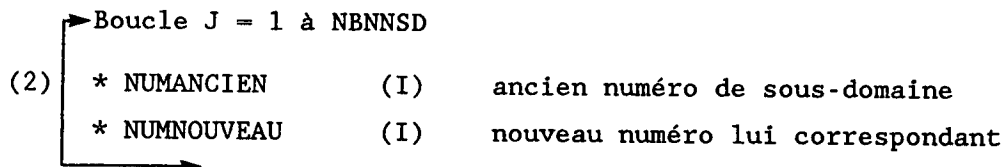
(1) 

 Boucle J = 1 à NBNNF

 * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence

 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

(2) 

 Boucle J = 1 à NBNNSD

 * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine

 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Les 2 niveaux doivent être différents.

Remarque :

Voir remarque SYMD.

21. Mot-clé ADPO ajouter des noeuds non sommets et/ou retirer les sommets de la liste des noeuds

- * ADPO (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * N1 (I) nombre de noeuds sur les arêtes (extrémités exclues)
- * ISET (I) nombre de noeuds internes à chaque triangle
- * ISEQ (I) nombre de noeuds internes à chaque quadrangle
- * NOESOM (I) 1 les sommets sont des noeuds
 0 sinon.

Ce mot-clé doit être activé après tous les précédents.

Il n'est plus possible d'activer les mots-clés précédents.

22. Mot-clé RENC renuméroter les noeuds

- * RENC (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat

Ce mot-clé vient en fin de traitement (avant SAUV et FIN)

23. Mot-clé RENE renuméroter les noeuds et les éléments

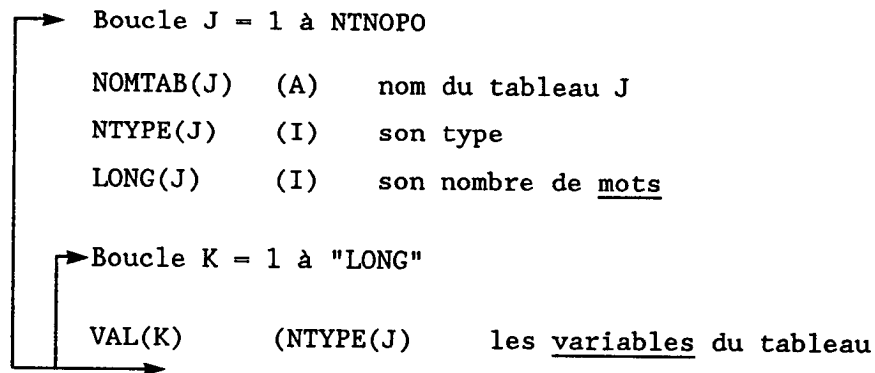
- * RENE (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat

Ce mot-clé vient en fin de traitement (avant SAUV et FIN).

24. Mot-clé SAUV sauver sur fichier séquentiel une S.D. NOPO

- * SAUV (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO à sauver
- * NTNOPO (I) nombre de tableaux à associer, en général 0
- * NOM_NOPO(A) nom du fichier de sauvegarde.

si NTNOPO = 0 fin



Remarques :

* Ce mot-clé peut être activé à tout moment pour sauver sur fichier séquentiel tout ou partie du maillage en vue :

- de visualisation (TRNOPO)
- de la suite du traitement (COMACO, THELAS, ...)

* Les éventuelles courbes définies en tant que fonctions interprétées sont structurées en tableaux associés.

25. Mot-clé DESS

- * DESS (A) le mot-clé à activer
- * ITERM1 (I) premier paramètre du terminal graphique
- * ITERM2 (I) second paramètre de ce terminal
- * IOPT (I) option de tracé
 - 1 : triangulation
 - 2 : frontière géométrique
 - 3 : frontière référencée
 - 4 : shrink
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO à dessiner.

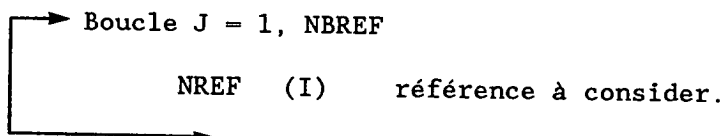
Ce mot-clé est activable sur tout console définie par le couple ITERM1, ITERM2 (cf rapport 96).

Remarque :

Pour pouvoir utiliser toutes les facilités de tracés on utilisera TRNOXX (cf. 96 - 108).

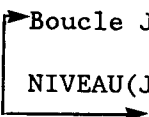
26. Mot-clé EXTR construire une S.D. NOPO contenant les arêtes de numéro de référence donné

- * EXTR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NINOPS (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBREF (I) nombre de référence d'arêtes à considérer



7. Mot-clé TUER enlever des tables une ou plusieurs S.D. NOPO
devenues inutiles.

- * TUER (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NBRE (I) nombre de S.D. à tuer

(1)  Boucle J = 1 à NBRE
NIVEAU(J) (I) niveau de la Jième S.D. à supprimer des tables

Remarque :

L'utilisation de ce mot-clé, réalisable à tout moment, permet de minimiser la place mémoire nécessaire.

28. Mot-clé INTR introduire en mémoire centrale une S.D. NOPO sur
fichier séquentiel

- * INTR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) son niveau
- * NOM_NOPO(A) nom du fichier contenant la S.D. NOPO

Remarques :

* Pour être utilisable par les modules de symétrie, translation, ..., cette S.D. NOPO doit contenir un maillage de type P1 (noeuds = points = sommets)

* Si la S.D. NOPO contient des courbes en tableaux associés, celles-ci sont interprétées et ajoutées à celles déjà définies.

29. Mot-clé IMPR imprimer sur papier une S.D. NOPO résidant en
mémoire centrale

- * IMPR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) le niveau de la S.D. NOPO

40. Mot-clé FIN fin de l'exécution
 * FIN (A) le mot-clé à activer

6. UN EXEMPLE COMPLET

Il s'agit d'étudier le comportement thermique d'un moteur électrique et plus précisément de son rotor.

Ce rotor possédant des symétries, nous n'en étudions qu'une partie.

Nous présentons ci-après :

- 1) L'arbre de l'enchaînement des différents modules (figure 12)
- 2) La partie centrale du rotor et ses différentes zones (figure 13)
- 3) La moitié d'un conducteur situé en périphérie du rotor (Figure 14)
- 4) Les cartes données (ces cartes ont été créées par le préprocesseur APNOXX).
- 5) Le résultat final (figure 15)

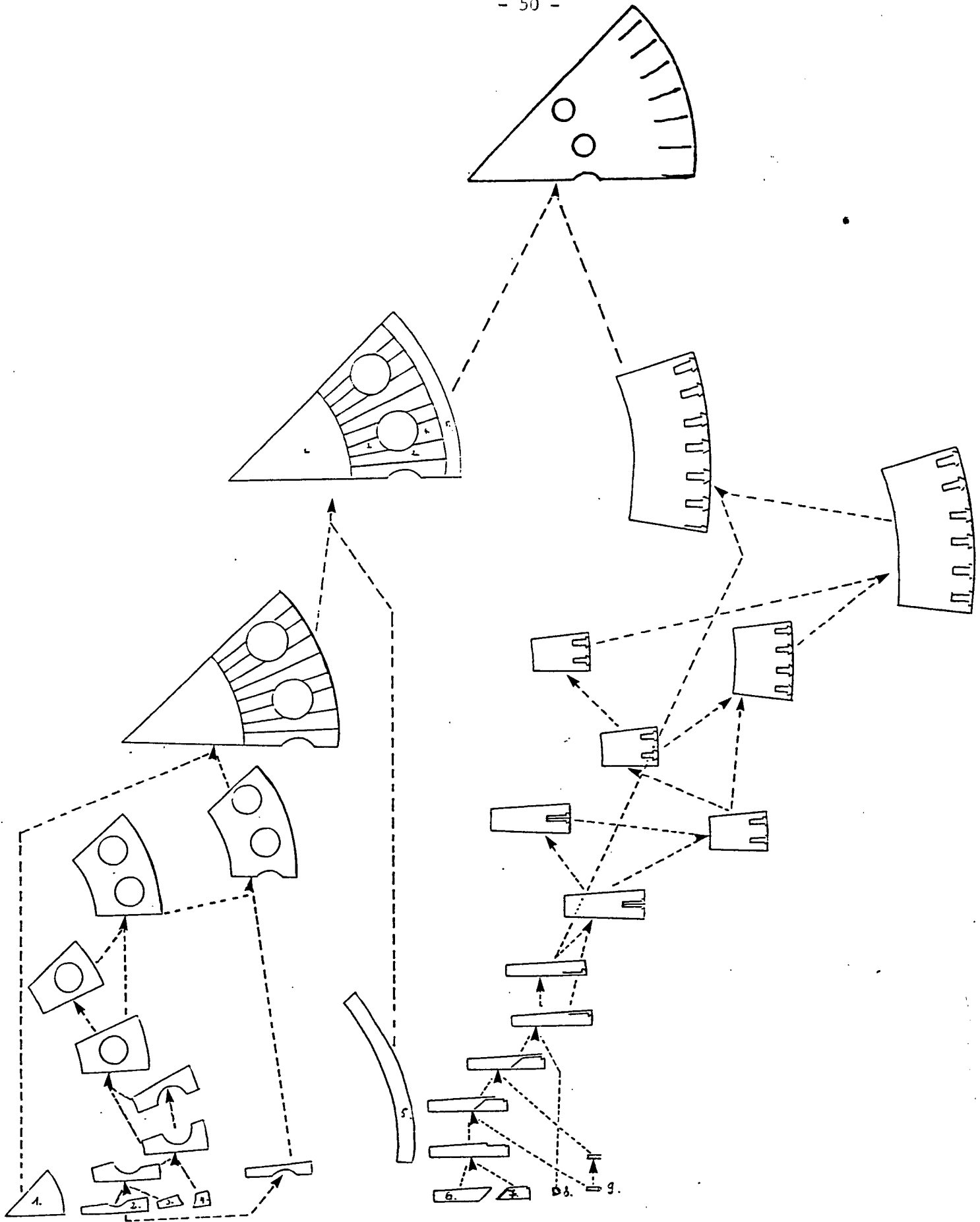


Figure 12

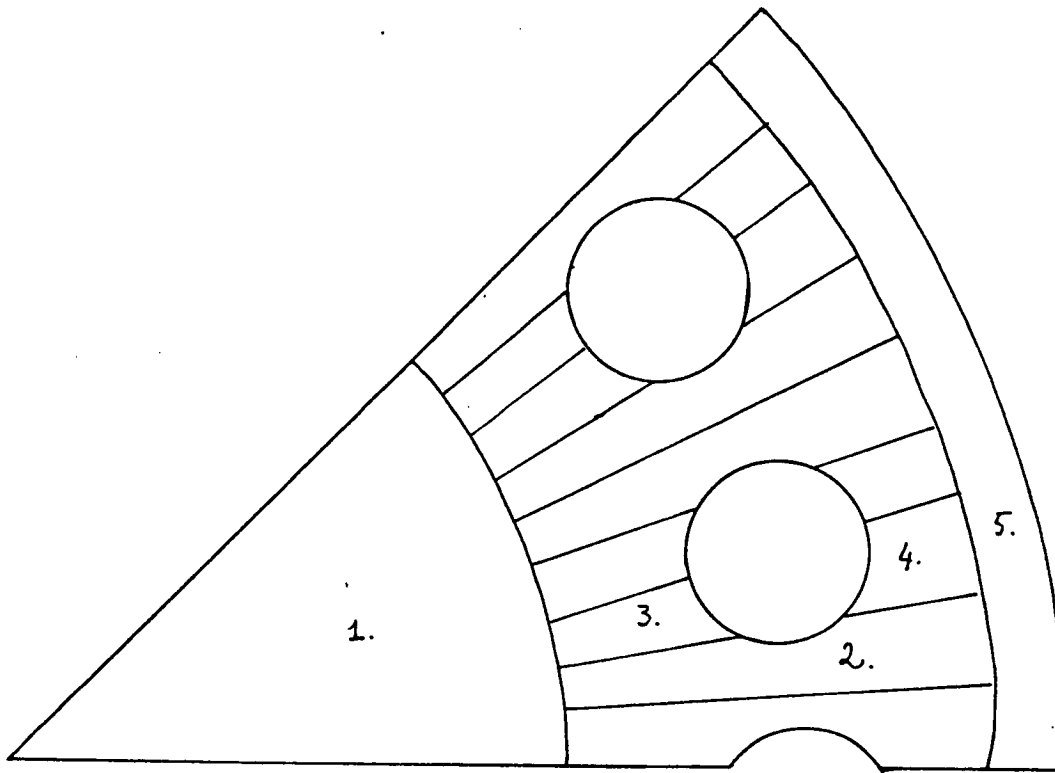


Figure 13

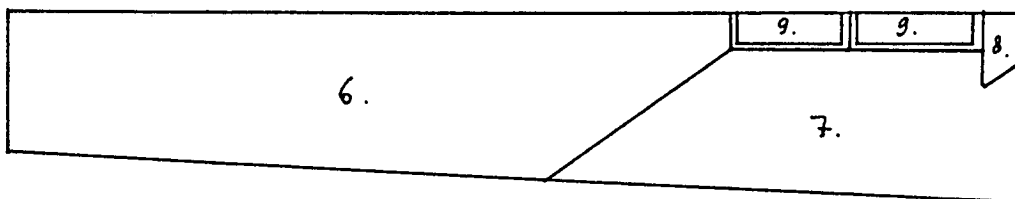


Figure 14

'TEST MAILLAGE SUR LE MOTEUR SNCF-RATP
COURBES

1 \$ IMPRE
COURBE01 (X,Y)=
(X-.2125037)**2+(Y-.0569402)**2-.026*.026;

FIN

'POINT

\$	NOP	55 NOREF(NOP)	X(NOP)	Y(NOP)	\$ IMPRE NPOINT \$
1	0	0	0.000000E+00	0.000000E+00	
2	0	0	0.155000E+00	0.000000E+00	
3	0	0	0.154410E+00	0.135091E-01	
4	0	0	0.152645E+00	0.269155E-01	
5	0	0	0.149719E+00	0.401170E-01	
6	0	0	0.145000E+00	0.530000E-01	
7	0	0	0.140000E+00	0.660000E-01	
8	0	0	0.133500E+00	0.775000E-01	
9	0	0	0.126000E+00	0.890000E-01	
10	0	0	0.111850E+00	0.992000E-01	
11	0	0	0.109602E+00	0.109602E+00	
12	0	0	0.270000E+00	0.000000E+00	
13	0	0	0.268973E+00	0.235321E-01	
14	0	0	0.265898E+00	0.468850E-01	
15	0	0	0.260800E+00	0.698811E-01	
16	0	0	0.253500E+00	0.935000E-01	
17	0	0	0.244000E+00	0.115000E+00	
18	0	0	0.233500E+00	0.135000E+00	
19	0	0	0.220000E+00	0.156000E+00	
20	0	0	0.206200E+00	0.173700E+00	
21	0	0	0.190919E+00	0.190919E+00	
22	1	0	0.232500E+00	0.405000E-01	
23	1	0	0.223000E+00	0.330000E-01	
24	1	0	0.211000E+00	0.310000E-01	
25	1	0	0.198500E+00	0.350000E-01	
26	1	0	0.187000E+00	0.501065E-01	
27	1	0	0.237500E+00	0.636379E-01	
28	0	0	0.290000E+00	0.000000E+00	
29	0	0	0.205060E+00	0.205060E+00	
30	2	0	0.420000E+00	-.400000E-02	
31	2	0	0.420000E+00	0.000000E+00	
32	0	0	0.415250E+00	0.000000E+00	
33	0	0	0.415250E+00	-.420000E-02	
34	0	0	0.415250E+00	-.680000E-02	
35	0	0	0.414750E+00	0.000000E+00	
36	0	0	0.414750E+00	-.420000E-02	
37	0	0	0.413960E+00	0.000000E+00	
38	0	0	0.413860E+00	-.341000E-02	
39	0	0	0.409000E+00	-.341000E-02	
40	0	0	0.409000E+00	-.420000E-02	
41	0	0	0.406750E+00	0.000000E+00	
42	0	0	0.404540E+00	-.341000E-02	
43	0	0	0.404540E+00	-.420000E-02	
44	0	0	0.399540E+00	0.000000E+00	
45	0	0	0.399540E+00	-.341000E-02	
46	0	0	0.398750E+00	-.420000E-02	
47	0	0	0.398750E+00	0.000000E+00	
48	2	0	0.419234E+00	-.253590E-01	
49	0	0	0.289471E+00	-.175098E-01	
50	0	0	0.398250E+00	-.420000E-02	
51	0	0	0.392500E+00	-.420000E-02	
52	0	0	0.388040E+00	-.420000E-02	
53	0	0	0.382250E+00	-.420000E-02	
54	0	0	0.382250E+00	0.000000E+00	
55	0	0	0.360000E+00	-.217760E-01	

'LIGNES

\$	NOLIG	27 NOELIG	NEXTR1	NEXTR2	NOREFL	NFFRON	\$ IMPRE	NDLM	\$
1	6	1	2	0	0	0	0.800000E+00		
2	6	1	11	0	0	0	0.800000E+00		
3	10	2	11	0	-2	0	0.100000E+01		
4	10	3	13	0	0	0	0.100000E+01		
5	2	14	13	0	-2	0	0.100000E+01		
6	4	14	22	0	0	0	0.100000E+01		
7	4	22	25	1	-1	0	0.100000E+01		
23							\$ NOEL		
24							\$ NOEL		
8	4	4	25	0	0	0	0.900000E+00		
9	2	3	4	0	0	0	0.100000E+01		
10	2	4	5	0	0	0	0.100000E+01		
11	3	5	26	0	0	0	0.900000E+00		
12	3	26	25	1	1	0	0.100000E+01		
13	3	22	27	1	1	0	0.100000E+01		
14	3	15	27	0	0	0	0.100000E+01		
15	2	14	15	0	0	0	0.100000E+01		
16	10	12	21	0	-2	0	0.100000E+01		
17	2	12	28	0	0	0	0.100000E+01		
18	2	21	29	0	0	0	0.100000E+01		
19	14	28	29	0	-2	0	0.100000E+01		
20	6	49	55	0	0	0	0.110000E+01		
21	4	48	30	2	-2	0	0.100000E+01		
22	9	30	53	0	-1	0	0.100000E+01		
34							\$ NOEL		
33							\$ NOEL		
40							\$ NOEL		
43							\$ NOEL		
46							\$ NOEL		
51							\$ NOEL		
52							\$ NOEL		
23	7	28	54	0	0	0	0.900000E+00		
24	2	28	49	0	0	0	0.100000E+01		
25	9	48	55	0	0	0	0.100000E+01		
26	4	53	55	0	0	0	0.100000E+01		
27	2	53	54	0	0	0	0.100000E+01		

'TRI

\$	LISTE	DES	LIGNES	DU	CONTOUR	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NS1L
2	0	2	6	1		
4	5	6	7	8	9	
1	0	1				
6						

\$ NCOMP NBRINT IOPT \$
\$ COMPOSANTE \$

'TRI	1						\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	8	12	11	10						
	1	0	1				\$ NCOMP NBRINT IOPT \$			
	4						\$ COMPOSANTE \$			
'TRI	1	2	2	4	-1		\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	6	15	14	13						
	1	0	1				\$ NCOMP NBRINT IOPT \$			
	-4						\$ COMPOSANTE \$			
'RECOL	1	0	1	3	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'RECO	1	3	2	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'SYMD	1	4	1				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
	-0.26795E+00	0.10000E+01	0.00000E+00				\$ A. B. C.			
'RECO	1	4	1	3	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'ROTA	1	3	1				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
	0.20000E+02	0.00000E+00	0.00000E+00				\$ TETA. X. Y.			
'RECO	1	3	1	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'SYMD	1	0	1				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
	-0.87488E-01	0.10000E+01	0.00000E+00				\$ A. B. C.			
'RECO	1	4	1	3	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'TRI	1	0	1	3	1		\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	1	3	2							
	1	0	1				\$ NCOMP NBRINT IOPT \$			
	3						\$ COMPOSANTE \$			
'RECO	1	0	3	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'TRI	1	0	2	4	1		\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	19	18	16	17						
	1	0	1				\$ NCOMP NBRINT IOPT \$			
	4						\$ COMPOSANTE \$			
'RECO	1	0	4	3	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'QUAC	2	0	2	4	1		\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	25	26	22	21						
	9	0					\$ IMAX NQUAD			
'TRI	1	1	2	5	1		\$ IMPRE NIVEAU NU	DSD	NBRELI	NS1L
\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	20	26	27	23	24					
	1	0	1				\$ NCOMP NBRINT IOPT \$			
	5						\$ COMPOSANTE \$			
'RECO	1	0	1	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'MANU	1	1	3				\$ IMPRE NIVEAU NE			
	3	3	34	30	33		\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3			
	0	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3			
	3	3	33	30	32		\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3			
	0	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3			
	3	3	30	31	32		\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3			
	2	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3			
'RECO	1	4	1	5	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT			
	0	0					\$ NBNNF NBNNSD			
'MANU	1	2	15				\$ IMPRE NIVEAU NE			
	3									

0	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3
3	5	46	45	47		\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3
0	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3
3	5	45	44	47		\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3
0	0	0				\$ NFA1 NFA2 NFA3
'TRAN						
1	2	0				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
-0.16500E-01		0.00000E+00				\$ X. Y.
'RECO						
1	5	2	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'RECO						
1	4	0	2	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'SYMD						
1	2	0				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
0.00000E+00		0.10000E+01		0.00000E+00		\$ A. B. C.
'RECO						
1	0	2	1	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'ROTA						
1	1	2				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
0.69230E+01		0.00000E+00		0.00000E+00		\$ TETA. X. Y.
'ROTA						
1	1	4				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
0.13846E+02		0.00000E+00		0.00000E+00		\$ TETA. X. Y.
'RECO						
1	4	2	5	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'ROTA						
1	5	1				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
0.13846E+02		0.00000E+00		0.00000E+00		\$ TETA. X. Y.
'RECO						
1	1	5	4	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'ROTA						
1	1	2				\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
0.13846E+02		0.00000E+00		0.00000E+00		\$ TETA. X. Y.
'RECO						
1	2	4	5	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'RECO						
1	0	5	2	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'RECO						
1	3	2	5	0.10000E-02	0	\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
0	0					\$ NBNNF NBNNSD
'TUER						
1	1					\$ IMPRE NOMBRE DE SD NOPO EN MC A TUER
0						\$ NIVEAU
'TUER						
1	1					\$ IMPRE NOMBRE DE SD NOPO EN MC A TUER
1						\$ NIVEAU
'TUER						
1	1					\$ IMPRE NOMBRE DE SD NOPO EN MC A TUER
2						\$ NIVEAU
'TUER						
0	1					\$ IMPRE NOMBRE DE SD NOPO EN MC A TUER
3						\$ NIVEAU
'TUER						
0	1					\$ IMPRE NOMBRE DE SD NOPO EN MC A TUER
4						\$ NIVEAU
'SAUVER						
2	5	0				\$ IMPRE NINPO NTNOPO
MAILLAGE.INTER						
\$ NOM FICHIER						
'FIN						

MODULEF : George

TEST MAILLAGE SUR LE MOTEUR SNCF-RATP
13/09/88

maillage.inter

908 POINTS
908 NOEUDS
1680 ELEMENTS
1680 TRIANGLES
2 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :
-0.21E-01 -0.70E-01
COIN HAUT DROIT :
0.44 0.37

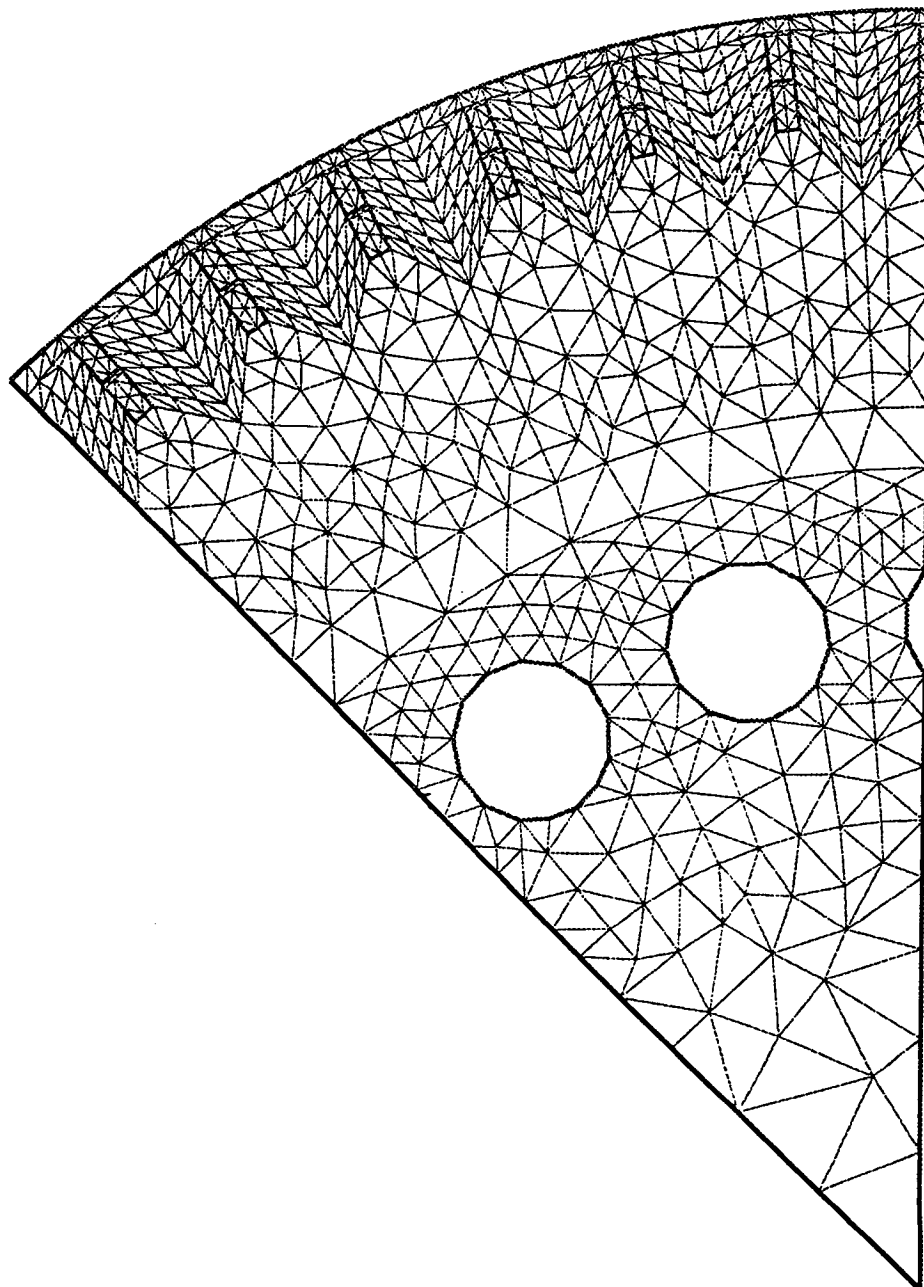


Figure 15

AIDE-MEMOIRE (APNOPO)

Liste et fonction des mots-clés

Mailler

* avant de lancer les mailleurs, il est nécessaire généralement de générer les points et les lignes caractéristiques du maillage global.

POIN : génération des points caractéristiques

LIGN : génération des lignes caractéristiques

*

QUAC : mailler un domaine "quadrangulaire" en triangles ou quadrangles

TRIA : mailler un domaine quelconque en triangles selon un algorithme dû à A. GEORGE

TRIH : idem pour un algorithme basé sur les polyèdres de Voronoï

BARR : mailler un contour connexe en segments

MANU : mailler un domaine "à la main"

OBJE : mailler des objets en catalogue.

Transformer

TRAN : translation

ROTA : rotation

SYMD : symétrie/droite

DILA : dilatation

RECO : recoller deux parties

Q4T : couper chaque quadrangle en 4 triangles

RETR : couper chaque élément en n^2 éléments du même type

AFFL : affiner localement un maillage

ADPO : ajouter des noeuds non sommets
(à effectuer à la fin de l'enchaînement)

RENE : renuméroter les noeuds et les éléments

RENC : renuméroter les noeuds seulement

REGU : régulariser un maillage

NUME : changer des numéros

Sauver, finir

SAUV : sauver sur fichier séquentiel le maillage et éventuellement imprimer la S.D. NOPO

FIN : fin.

Utilitaires

EXTR : extraire des arêtes référencées
LIRE : lire sur un fichier existant une partie des données et les reporter dans le fichier de sortie.
CONT : permet de supprimer les contrôles de compatibilité entre les données (à vos risques et périls)
INTR : mettre en mémoire centrale une S.D. NOPO préexistante
TUER : enlever des tables une ou plusieurs S.D. NOPO
IMPR : impression d'une S.D. NOPO résidant en mémoire centrale
MENU : afficher le menu : liste des mots clés et leurs fonctions
? : idem
n'importe quoi : renvoi sur MENU.

Remarques :

- i) les frontières "courbes" peuvent être données par fonctions interprétées (cf 94) ; sinon écrire une fonction FFRONT.
- ii) si les points sont donnés par la subroutine SPDPTS, celle-ci est à écrire, compiler, lier.
- iii) bibliothèques utiles : CONV, NOP2, NOPO, UTSD, UTIL, UTIF.
- iv) fichiers à assigner : ceux liés à l'utilisation de LIRE et INTR (selon les machines) et SAUV

SECTION 2

Le module "APNOP3"

Le module APNOP3 permet d'enchaîner certains modules de génération et tous ceux de modification de maillages tridimensionnels. La structure de données intéressée est NOPO.

SOMMAIRE DE LA SECTION 2 :

1. METHODOLOGIE
2. NOTIONS ESSENTIELLES
3. MODULES EXPLOITANT LA S.D. NOPO
4. ARBRE DE APNOP3
5. APPEL DE APNOP3
 - 5.1. Appel, bibliothèques, fichiers
 - 5.2. Utilisation du preprocesseur APN3XX
 - 5.3. Utilisation "batch" : les données
6. UN EXEMPLE COMPLET

1. METHODOLOGIE

1.1. Le module APNOP3 permet de :

- générer des maillages tridimensionnels simples à partir de la donnée de points
- générer des maillages de pièces "cylindriques" à partir de la donnée de maillages bidimensionnels
- générer des surfaces dans l'espace
- restaurer en mémoire centrale des structures de données NOPO contenant des maillages réalisés par ailleurs (noeuds=sommets)
- modifier ces maillages et les combiner pour former un nouveau maillage auquel sera associé une S.D. NOPO que l'on pourra sauvegarder sur fichier séquentiel.

Ainsi ce module s'il ne permet de générer des maillages que dans des cas relativement simples donne accès à tous les modules de transformation.

1.2. La méthodologie est alors la suivante :

Pour générer le maillage d'un domaine :

1. On repère dans ce domaine :

- les parties symétriques par rapport à un plan.
- les parties obtenues par translation d'autres parties.
- les parties obtenues par rotation autour d'un axe d'autres parties.
- les parties obtenues par dilatation d'autres parties.
- les parties obtenues par composition de ces applications.
- les parties déductibles de maillages bidimensionnels.

On détermine ainsi des parties dites primales.

2. Pour chaque partie primale, on cherche le module de maillage convenant le mieux :

- pour mailler une partie de topologie "hexaédrique" on utilisera, hors APNOP3, GEL3D1 (cf. section 3), la manipulation d'un tel maillage nécessitant son introduction (INTR) en mémoire.

- pour découper quelques éléments grossiers décrits via leur peau on utilisera, hors APNOP3, COLIB2 (cf. section 3), la manipulation d'un tel résultat nécessitant son introduction (INTR) en mémoire.

- pour mailler quelques éléments seulement, CONOPO convient.

- pour construire par translation le maillage 3D déduit d'un maillage 2D on utilisera MA2D3D (MA23) après introduction du maillage générique (INTR) en mémoire.

- pour générer une surface gauche à partir d'un maillage plan le module TN2D3D est utilisable (INTR + SU23).

3. On effectue alors les symétries, translations, rotations, ... des parties primales ainsi obtenues (MODNOP).

4. On recolle 2 à 2 les parties.

5. On recommence les points 3 et 4 jusqu'à obtention du recouvrement de tout le domaine. (A chaque instant on peut modifier les numéros de sous-domaine ou de référence (MODNOP)).

6. On peut alors affiner globalement (RETRIN) ou obtenir des tétraèdres par découpage des éléments de nature différente (DTRI3D).

7. On ajoute si besoin est les noeuds non sommets et/ou on retire les sommets de la liste des noeuds (ADPNOP).

8. On peut alors renuméroter les éléments et/ou les noeuds (GIBBS).

9. Il est alors possible de visualiser le maillage obtenu (TRNOPO cf 96).

1.3. Remarques :

Il est possible d'introduire une partie (primale ou non) maillée auparavant, par restauration de la S.D. NOPO la contenant.

Il est possible à tout moment de sauvegarder sur fichier séquentiel une partie quelconque pour imprimer la S.D. NOPO correspondante, ou permettre sa visualisation.

1.4. Un exemple : (voir également la section 5)

Cette méthodologie est illustrée par l'exemple de la partie supérieure d'un joint homocinétique :

Le domaine :

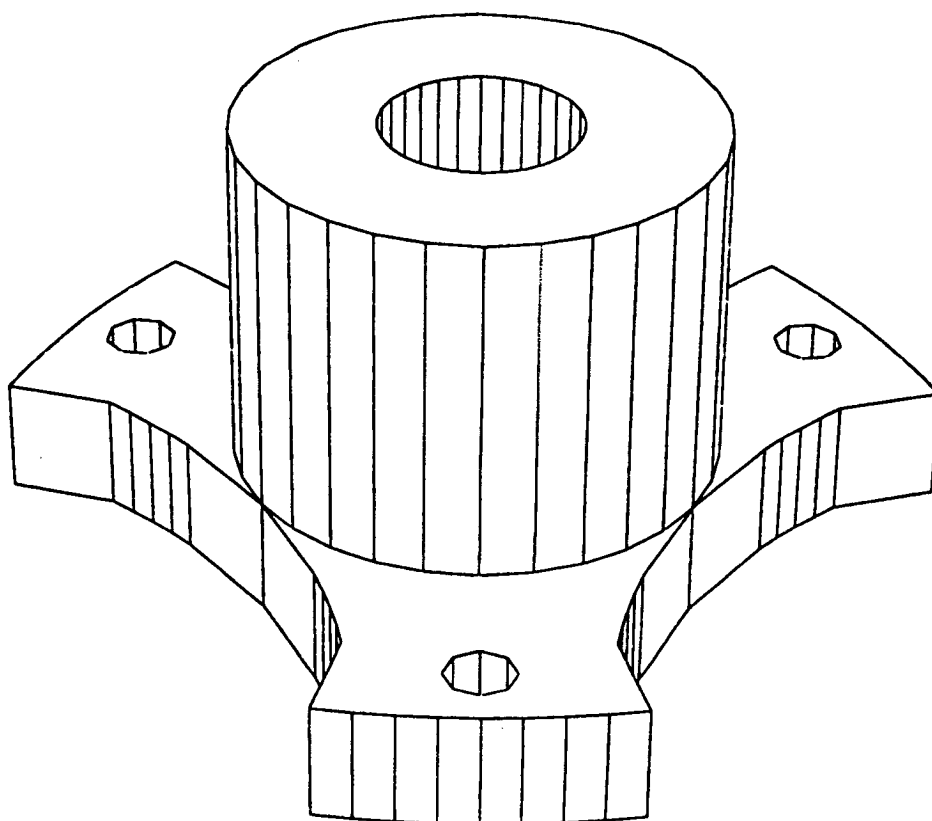


Figure 16

Méthodologie de maillage de la partie primale :

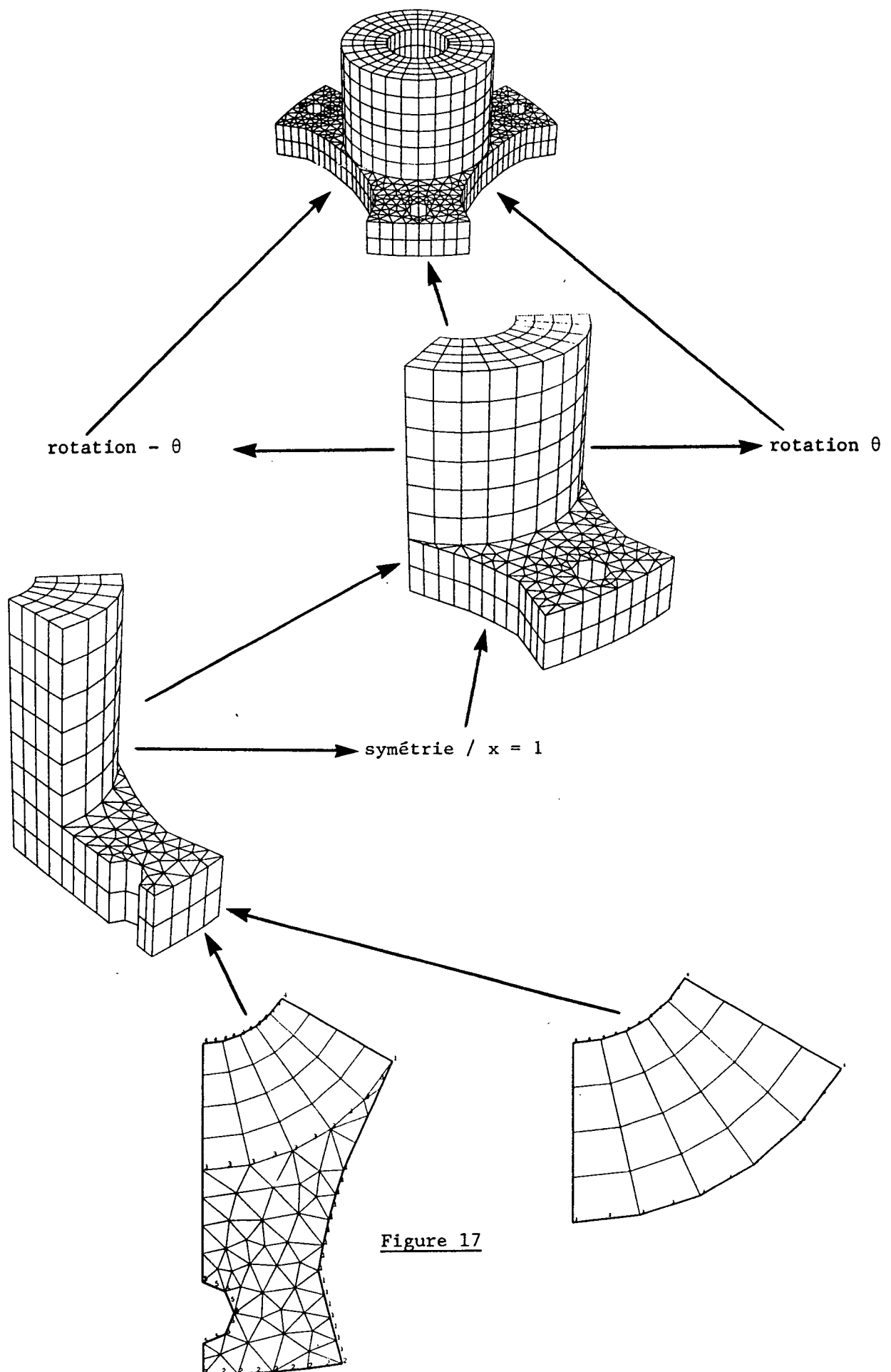


Figure 17

2. NOTIONS ESSENTIELLES

La S.D. NOPO stocke les informations suivantes (cf. 2) :

- numéros des noeuds et des points de chaque élément
- coordonnées des points
- numéro de sous-domaine de chaque élément
- numéros des frontières de chaque élément.

2.1. Les sous-domaines :

La notion de matériau (ex : fer, air, cuivre) est affinée pour permettre de distinguer également deux mêmes milieux soumis à des conditions physiques différentes.

N.B. : Ainsi par exemple, un élément situé dans une partie en cuivre soumis à un échauffement donné sera distingué d'un autre élément situé dans le même milieu mais soumis à un échauffement différent.

La notion de sous-domaine est donc plus fine que celle de matériau. Elle permettra, plus tard, d'associer un certain nombre de variables ou de tableaux aux éléments ainsi décrits. Ceci conduit à une condensation des informations à fournir.

A chaque sous-domaine, ainsi défini, sera associé un numéro.

Il est souhaitable de numérotter les sous-domaines de 1 à NDSD si NDSD est le nombre de sous-domaines nécessaires.

2.2. Les frontières :

Cette notion permet de préciser deux points :

2.2.1. Au niveau de l'interpolation (cf. 13) la frontière et sa description permettront de forcer le maillage à s'appuyer sur une courbe ou une surface donnée.

2.2.2. Au niveau des conditions aux limites (exemple flux, pression, conditions de blocages ...) la frontière et son numéro permettront d'associer, plus tard, un certain nombre de variables ou de tableaux contenant les données (flux, pression ...) correspondantes.

A chaque frontière, ainsi définie, sera associée un numéro. Il est nécessaire de numérotter les frontières de 1 à NDSR où NDSR est le nombre de frontières nécessaires.

Remarque :

Le point NB de 2.1. est donc valable dans ce contexte précis.

2.3. Nouveaux numéros de sous-domaines et de références

Compte-tenu de la définition des sous-domaines et des frontières exploitant des informations plus fines que la simple description du matériau ou des courbes sur lesquelles le maillage s'appuie, il peut s'avérer nécessaire de changer des numéros.

Plus précisément : lorsqu'un domaine présente des symétries ou des répétitivités, une partie primale subit translations, rotations, symétries et recollements.

Lors de ces transformations, il n'y a pas de raison qu'un numéro de sous-domaine ou de référence conserve la même valeur puisque les conditions physiques appliquées ou les définitions géométriques des frontières peuvent changer.

Exemple :

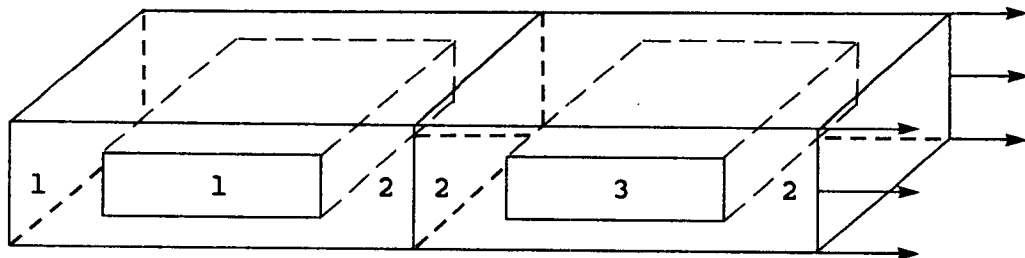


Figure 18

partie primale : sous-domaines 1 : cuivre, 2 : acier
numéro de référence 1 partie encastrée

partie symétrique : sous-domaines 3 : aluminium, 2 : acier
numéro de référence 2 : partie étirée

Le module SYMNOF doit connaître la correspondance

sous-domaine 1	sous-domaine 3
n° de référence 1	n° de référence 2

Cette correspondance sera donnée comme précisé en 5.3.

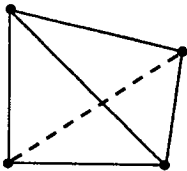
2.4. Noeuds-points. Sommets :

Les parties primales sont maillées en éléments ne comprenant que des sommets (noeud=point)

Rappelons que :

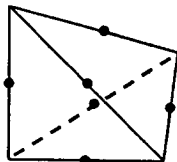
- un noeud est un "point" supportant un ou plusieurs degrés de liberté.
- un sommet est un "point" sommet d'un élément.
- un point est un "point" défini par ses seules coordonnées, il définit la géométrie de l'élément.

L'élément fini choisi peut nécessiter un choix différent :



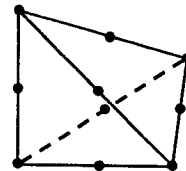
P1 Lagrange

Les 4 sommets sont des noeuds et des points.



P1 Hybride

Les 4 sommets ne sont pas des noeuds.
Les 6 noeuds sont aux milieux des arêtes.



P2 Lagrange droit

Les 4 sommets sont des noeuds et des points.
Il y a 6 noeuds en plus aux milieux des arêtes.

Figure 19

Ainsi pour le premier choix le maillage obtenu convient (sommet = noeud = point).

Pour le second, il est nécessaire d'utiliser le module ADNOP pour :

- ajouter 1 noeud sur chaque arête
- préciser que les sommets ne sont pas des noeuds.

Pour le troisième de même, le module ADPNOP permet :

- d'ajouter 1 noeud sur chaque arête
- préciser que les sommets sont des noeuds.

On se reportera à ADPO (5.3) pour voir la manière de donner ces informations.

3. MODULES EXPLOITANT LA S.D. NOPO

3.1. Généralités

Le module APNOP3 permet l'exécution de la plupart des modules travaillant sur une structure de donnée NOPO en dimension 3.

Tous ces modules, activés par APNOP3, traitent des structures de données NOPO résidant en Mémoire Centrale. Par suite il est possible à tout moment :

- de reporter sur fichier séquentiel une S.D. NOPO créée par APNOP3 en mémoire centrale
- de restaurer en mémoire centrale une S.D. NOPO se trouvant sur fichier séquentiel.

Nous présentons ci-dessous les idées générales correspondant à l'architecture du module APNOP3. La méthodologie exposée ci-dessus nous a conduit à distinguer 6 niveaux.

3.2. Les différents niveaux

3.2.1. Premier niveau : préliminaires.

Saisie des données caractéristiques du maillage : points caractéristiques, maillages 2D génériques ...

3.2.2. Niveau deux : génération des sommets du maillage

A partir des renseignements issus du premier niveau, on peut appeler les modules suivants :

CONOPO	: maillage manuel en segments, triangles, quadrangles, tétraèdres, ... à partir des points caractéristiques.
MAOBJE	: mailler le carré unité, le triangle unité, le tétraèdre unité, ... en vue de tests simples.
MA2D3D	: génération par translation d'un maillage générique 2D d'une S.D. 3D.
TN2D3D	: génération de surface dans l'espace à partir de maillage 2D.

3.2.3. Niveau trois : manipulation de maillages

Un ou plusieurs maillages (parties primales) étant donnés :

MODNOP : dilate un maillage.
RECOLC : recolle deux maillages.
RETRIN : subdivise chaque élément en N^3 éléments de même type.
MODNOP : effectue la rotation autour d'un axe d'un maillage.
MODNOP : maille le symétrique d'un maillage par rapport à un plan.
DTRI3D : découpe chaque élément non tétraédrique en tétraèdres.
MODNOP : translate un maillage.
MODNOP : modifie les numéros de sous-domaines ou de référence.

A ce niveau on dispose d'une S.D. NOPO contenant :

- les numéros des sommets des éléments
- leurs coordonnées
- les numéros de sous-domaines des éléments
- les numéros de références des frontières des éléments.

3.2.4. Niveau quatre : création des noeuds autres que les sommets si nécessaire.

ADPNOP : génère les noeuds de chaque élément, plus précisément :
ajoute les noeuds sur les faces, les arêtes, les noeuds internes et indique si les sommets sont des noeuds.

3.2.5. Niveau cinq : renumérotation

Pour minimiser, si besoin est, la taille de système matriciel ultérieur :

GIBBS : renumérote les noeuds et/ou les éléments.

3.2.6. Niveau six : sauvegarde de la (des) S.D. NOPO

Tous les modules travaillent avec des S.D. NOPO en mémoire centrale, à tout moment on peut :

TUERSD : supprimer des tables une S.D. devenue inutile.
SAUVER : sauver sur fichier séquentiel une S.D. NOPO afin de pouvoir :

- la dessiner (TRNOPO)
- l'utiliser ultérieurement (COMACO ... résolution)

SDREST : amener en mémoire centrale une S.D. NOPO résidant sur support séquentiel .
IMNOPO : imprimer sur listing le contenu d'une S.D. NOPO présente en mémoire centrale.

3.3. Remarques

- la numérotation des niveaux correspond à un ordre logique sauf pour le niveau 6 qui peut être exécuté à tout moment.
- certains niveaux peuvent ne pas être employés
- la visualisation des résultats est effectuée par le module TRNOPO (cf. (96)) après sauvegarde (niveau 6).
- un préprocesseur (APN3XX cf (108)) permet de créer aisément les données nécessaires au module APNOP3. Ces données sont décrites ci-dessous (§ 5.2).

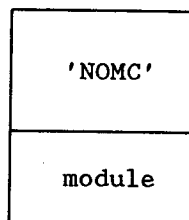
4. ARBRE DE APNOP3

4.1. Mots-clés

Le choix des modules à exécuter par le module APNOP3 est gouverné par des mots-clés. Chaque mot-clé activera le module correspondant. La liste des mots-clés est indiquée dans le schéma ci-après.

4.2. Arbre

légende



nom du mot-clé

nom du module appelé

NOPO

structure de données NOPO

MC : mémoire centrale

MS : fichier séquentiel

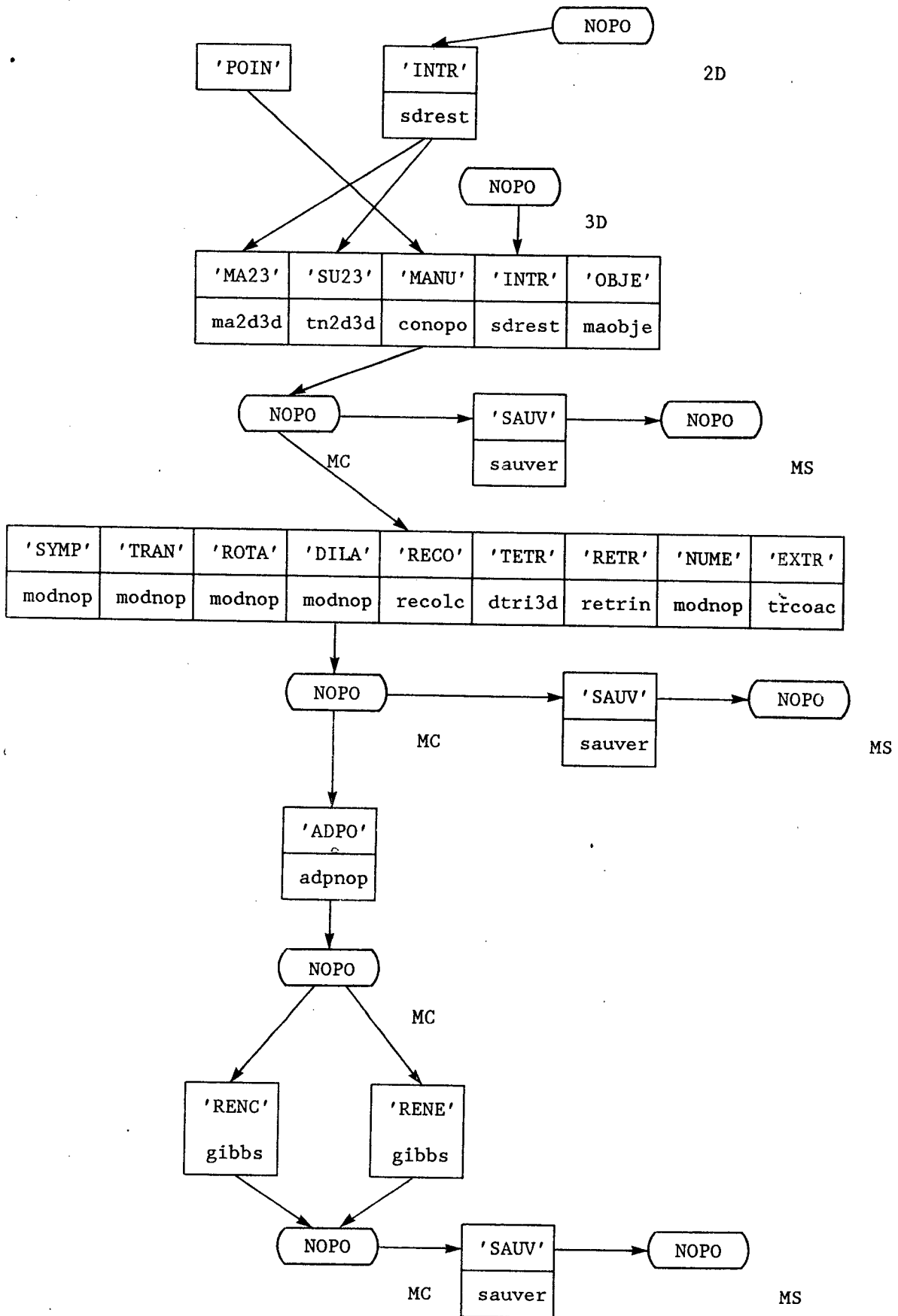


Figure 20

4.3. Le module APNOP3

Chaque module précité peut être exécuté directement (cf. section 3 ou 4).

Le module APNOP3 se propose de les activer à l'aide de mots-clés. Rappelons ici que ces possibilités concernent :

- les maillages relativement simple (à partir de la donnée de points, (MANU)) ou d'objet catalogué (OBJE).
- les maillages 3D se déduisant de maillage 2D (MA23).
- toutes les transformations de maillages 3D après leur introduction en mémoire centrale (INTR) ou résultant des étapes précédentes.

Ainsi la création de maillage d'objets complexes sera réalisée via un appel traditionnel (section 3).

5. MISE EN OEUVRE DU MODULE APNOP3

5.1. Appel - bibliothèques - fichiers :

5.1.1. Appel

L'exécution du module APNOP3 nécessite :

- un programme d'appel Fortran
ou APN3XX (bibliothèque PPAL)
- des cartes données (cf 5.3)
- une compilation
- une édition de liens
- un chargement

5.1.2. Programme principal

Le programme APN3XX peut être utilisé (cf brochure n° 108)
sinon :

```
COMMON M(LM)
EXTERNAL XYZ23, XYZ33
CALL INITI (M,LM,IMPRE,NNN)
avec LM, IMPRE et NNN à initialiser
CALL APNOP3 (M,M,XYZ23,XYZ33)
...
STOP
END
```

5.1.3. Edition de liens :

Les bibliothèques utiles :

NOP3, NOPO, UTSD, UTIL, UTIF, CONV ...

5.2. Utilisation du préprocesseur APN3XX

Ce préprocesseur (cf. 108) permet la création conversationnelle d'un fichier de données formaté comme ci-dessus puis l'exécution correspondante.

5.3. Utilisation "batch" : les données

Les valeurs à fournir doivent suivre les règles du FORMAT LIBRE (cf. 1).

Légende :

* VAL (TYPE) description

avec * : pointe sur une ligne de donnée

VAL : nom de la variable du tableau, ...

(TYPE) : (I) entier (R) réel simple précision

(A) caractère

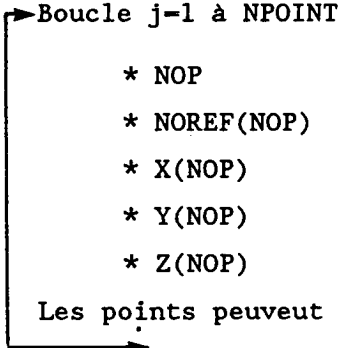
description : commentaires sur la donnée concernée.

1. Les données d'INITI :

* TITRE (A) 72 caractères, ce titre sera affecté aux
maillages créés.

3. Mot-clé POIN générer les points caractéristiques

* POIN (A) le mot-clé à activer
 * IMPRE (I) paramètre d'impression (0, 1, ...)
 * NPOINT (I) nombre de points caractéristiques du maillage

(1) 

* NOP (I) numéro du point
 * NOREF(NOP) (I) son numéro de référence
 * X(NOP) (R) son abscisse
 * Y(NOP) (R) son ordonnée
 * Z(NOP) (R) sa cote

Les points peuvent être donnés dans le désordre (NOP).

Remarque :

Si les points caractéristiques ne se prêtent pas à une saisie manuelle mais, de par leur nombre ou leur position à particulariser, sont plus faciles à saisir via un sous-programme, il convient d'écrire le sous-programme SPDPTS qui sera activé par APNOP3.

La méthode à suivre est la suivante :

1) création des données : mot-clé POIN :

NPOINT négatif avec |NPOINT| le nombre de points

2) écrire le sous-programme SPDPTS

3) exécution de APNOP3 : puisque NPOINT < 0, les points ne seront pas lus sur le fichier de données mais seront issus de SPDPTS.

```

      SUBROUTINE SPDPTS(NPOINT,MPPOI,MNRPC,XMCOOP)
C  ++++++
C  BUT : SAISIR LES POINTS CARACTERISTIQUES ( CF APNOPO )
C  ---
C  PARAMETRES D'ENTREE :
C  -----
C  NPOINT : LE NOMBRE DE POINTS
C
C  PARAMETRES DE SORTIE :
C  -----
C  MPPOI : J = MPPOI(I) LE POINT LOCAL I EST LE POINT GLOBAL J
C  MNRPC : MNRPC(I) REFERENCE DU POINT LOCAL I
C  XMCOOP : XMCOOP(1,I) = X(I), XMCOOP(2,I) = Y(I), XMCOOP(3,I) = Z(I)
C  ++++++
C  DIMENSION MPPOI(*),MNRPC(*),XMCOOP(*)
C  CALL ARRET(86)
      END
  
```

28. Mot clé INTR

introduire en mémoire centrale une S.D. NOPO
sur fichier séquentiel

- | | | |
|------------|-----|---------------------------------------|
| * INTR | (A) | le mot clé à activer |
| * IMPRE | (I) | paramètre d'impression |
| * NINOPO | (I) | son niveau |
| * NOM_NOPO | (A) | nom du fichier contenant la S.D. NOPO |

Voir remarque sur ce mot clé (28) ci-dessous.

4. Mot clé MA23

translation-empilement de couches

- | | | |
|----------|-----|-------------------------------------|
| * MA23 | (A) | mot à activer |
| * IMPRE | (I) | paramètre d'impression |
| * NIVEAU | (I) | niveau de la S.D. NOPO 2D de départ |
| * NINOPS | (I) | niveau de la S.D. NOPO résultat |

Viennent ensuite les données propres au module MA2D3D, auquel nous renvoyons (cf. section 3).

5. Mot clé SU23 génération de surface dans l'espace

- * SU23 (A) le mot à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO 2D de départ
- * NINOPS (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * FONINT (I) 0 la fonction F2D3D sera donnée sous forme de
 SUBROUTINE (cf. section 4)
 1 cette fonction sera interprétée

Si FONINT = 0 fin des données

Sinon : en se reportant également au mot clé COUR de la
 section 1, on devra fournir les données
 suivantes :

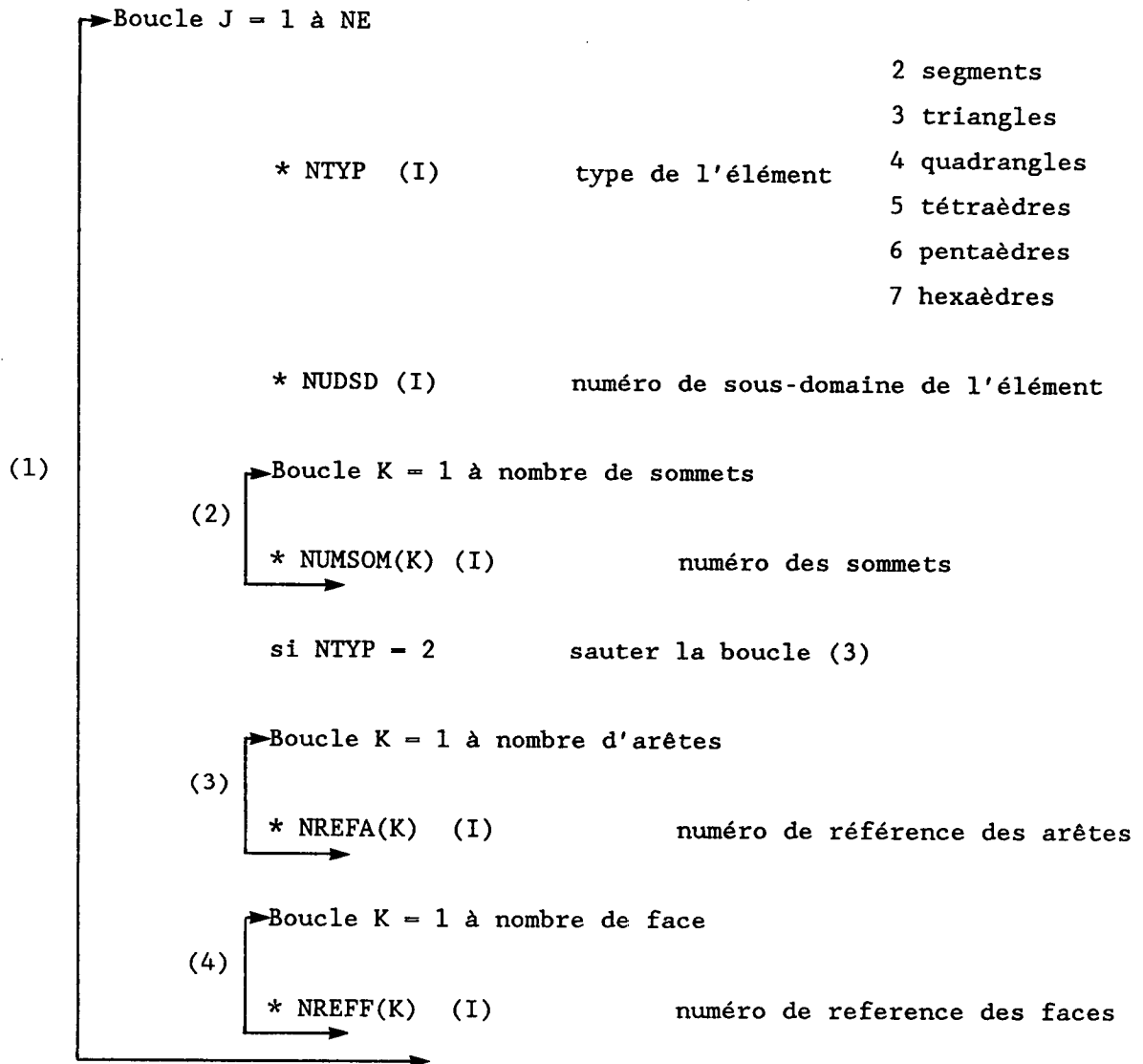
- * X01(X,Y) = fonction (X,Y)
- * Y01(X,Y) = fonction (X,Y)
- * Z01(X,Y) = fonction (X,Y)
- * FIN

X01, Y01 et Z01 définissant les coordonnées (x,y et z) des points
de la surface à partir de celles (x et y) du maillage de départ.

8. Mot-clé MANU

générer des éléments manuellement

* MANU (A) le mot à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVEAU (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NE (I) nombre d'éléments à générer



Remarques :

* NUMSOM(K) est un des points de POIN qui a dû être exécuté auparavant.

* L'ordre des sommets, des arêtes et des faces est l'ordre standard de la S.D. NOPO (cf 2).

10. <u>Mot-clé OBJE</u>	mailler un élément unité
* OBJE (A)	le mot à activer
* IMPRE (I)	paramètre d'impression
* NIVEAU (I)	niveau de la S.D. NOPO résultat
* NCGE (I)	code géométrique de l'élément 5 : tétraèdre, 6 : pentaèdre, 7 : hexaèdre
* IREF (I)	option pour les références 0 : toutes les références (faces, arêtes, sommets) à 0 1 : toutes les références sont différenciées sommets 1, 2, 3 ... n arêtes n+1, ... n+p faces n+p+1 ...

Remarques :

- i) le numéro de sous-domaine est mis à 1
- ii) 'NUME' peut être utile pour modifier des numéros.

11. Mot-clé SYMP générer le maillage symétrique d'un maillage donné par rapport à un plan.

* SYMP (A) le mot-clé à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
* NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
* NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
* NBNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

 → Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNSD = 0 sauter la boucle (2)

 → Boucle J = 1 à NBNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

* A (R) paramètres de symétrie : ce sont les coefficients
* B (R) du plan d'équation : $Ax + By + Cz + D = 0$
* C (R)
* D (R)

12. Mot-clé TRAN

générer le maillage translaté d'un maillage donné

- * TRAN (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

→ Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant
→

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

→ Boucle J = 1 à NBNNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant
→

- * A (R) paramètres de translation : la composante en x,
- * B (R) en y puis en z du vecteur translation.
- * C (R)

13. Mot-clé ROTA

générer le maillage obtenu après rotation d'un maillage donné

- * ROTA (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

- Boucle J = 1 à NBNNF
- (1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

- Boucle J = 1 à NBNNSD
- (2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
* NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

- * VX (R) première composante de l'axe de rotation
- * VY (R) deuxième composante de l'axe de rotation
- * VZ (R) troisième composante de l'axe de rotation
- * TETA (R) angle en degré de la rotation
- * X (R) abscisse du centre de rotation
- * Y (R) ordonnée du centre de rotation
- * Z (R) cote du centre de rotation

14. Mot-clé DILA générer le maillage dilaté d'un maillage donné

- * DILA (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
- * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

 → Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

 → Boucle J = 1 à NBNNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

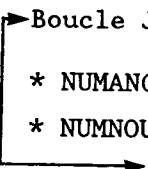
- * DIL X (R) coefficient de dilatation en x
- * DIL Y (R) coefficient de dilatation en y
- * DIL Z (R) coefficient de dilatation en z
- * XINVA (R) abscisse d'un point invariant pour cette transformation
- * YINVA (R) son ordonnée et sa cote
- * ZINVA (R)

15. Mot-clé RECO

générer le maillage obtenu par recollement de deux maillages donnés

- * RECO (A) le mot-clé à activer
 - * IMPRE (I) paramètre d'impression
 - * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale numéro un
 - * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale numéro deux
 - * NIVO3 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
 - * EPS (R) précision de recollement
 - * IOPT (I) option de recollement
- 0 deux points identiques de numéros de référence différents sont recollés. La référence est mise à zéro.
- 1 deux tels points ne sont pas recollés
- * NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
 - * NBNNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

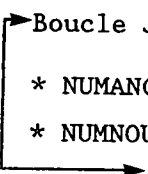
Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

(1) 

Boucle J = 1 à NBNNF

- * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
- * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNNSD = 0 sauter la boucle (2)

(2) 

Boucle J = 1 à NBNNSD

- * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
- * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Les 3 niveaux doivent être différents.

16. Mot-clé TETR découper chaque élément en tétraèdres

- * TETR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat

17. Mot-clé RETR retriangler chaque élément

- * RETR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * N (I) paramètre de subdivision

Chaque élément est subdivisé en N^3 éléments du même type.

20. Mot-clé NUME changement de numéro

* NUME (A) le mot clé à activer
* IMPRE (I) paramètre d'impression
* NIVO1 (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
* NIVO2 (I) niveau de la S.D. NOPO résultat.
* NBNNF (I) nombre de numéros de référence à changer
* NBNSD (I) nombre de numéros de sous-domaines à changer

Si NBNNF = 0 sauter la boucle (1)

→ Boucle J = 1 à NBNNF
(1) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de référence
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Si NBNSD = 0 sauter la boucle (2)

→ Boucle J = 1 à NBNSD
(2) * NUMANCIEN (I) ancien numéro de sous-domaine
 * NUMNOUVEAU (I) nouveau numéro lui correspondant

Les 2 niveaux doivent être différents.

21. Mot-clé ADPO ajouter des noeuds non sommets et/ou retirer les sommets de la liste des noeuds
- | | | |
|----------|-----|--|
| * ADPO | (A) | le mot-clé à activer |
| * IMPRE | (I) | paramètre d'impression |
| * NIVO1 | (I) | niveau de la S.D. NOPO initiale |
| * NIVO2 | (I) | niveau de la S.D. NOPO résultat |
| * N1 | (I) | nombre de noeuds sur les arêtes (extrémités exclues) |
| * ISET | (I) | nombre de noeuds internes à chaque face triangulaire |
| * ISEQ | (I) | nombre de noeuds internes à chaque face quadrangulaire |
| * ISETE | (I) | nombre de noeuds internes à chaque tétraèdre |
| * ISEPE | (I) | nombre de noeuds internes à chaque pentaèdre |
| * ISEHE | (I) | nombre de noeuds internes à chaque hexaèdre |
| * NOESOM | (I) | 1 les sommets sont des noeuds
0 sinon. |

Ce mot-clé doit être activé après tous les précédents.

Il n'est plus possible d'activer les mots-clés précédents.

22. Mot-clé RENC renuméroter les noeuds
- | | | |
|---------|-----|---------------------------------|
| * RENC | (A) | le mot-clé à activer |
| * IMPRE | (I) | paramètre d'impression |
| * NIVO1 | (I) | niveau de la S.D. NOPO initiale |
| * NIVO2 | (I) | niveau de la S.D. NOPO résultat |

Ce mot-clé vient en fin de traitement (avant SAUV et FIN)

23. Mot-clé RENE renuméroter les noeuds et les éléments
- | | | |
|---------|-----|---------------------------------|
| * RENE | (A) | le mot-clé à activer |
| * IMPRE | (I) | paramètre d'impression |
| * NIVO1 | (I) | niveau de la S.D. NOPO initiale |
| * NIVO2 | (I) | niveau de la S.D. NOPO résultat |

Ce mot-clé vient en fin de traitement (avant SAUV et FIN).

24. Mot-clé SAUV sauver sur fichier séquentiel une S.D. NOPO

- * SAUV (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO à sauver
- * NTNPOPO (I) nombre de tableaux à associer, en général 0
- * NOM_NOPO(A) nom du fichier de sauvegarde.

si NTNPOPO = 0 fin

→ Boucle J = 1 à NTNPOPO

NOMTAB(J) (A) nom du tableau J

NTYPE(J) (I) son type

LONG(J) (I) son nombre de mots

Boucle K = 1 à "LONG"

VAL(K) (NTYPE(J)) les variables du tableau

→

Remarques :

* Ce mot-clé peut être activé à tout moment pour sauver sur fichier séquentiel tout ou partie du maillage en vue :

- de visualisation (TRNOPO)
- de la suite du traitement (COMACO, THELAS, ...)

* Les éventuelles courbes définies en tant que fonctions interprétées sont structurées en tableaux associés.

25. Mot-clé DESS

- * DESS (A) le mot-clé à activer
- * ITERM1 (I) premier paramètre du terminal graphique
- * ITERM2 (I) second paramètre de ce terminal
- * IOPT (I) option de tracé
 - 1 : triangulation
 - 2 : frontière géométrique
 - 3 : frontière référencée
 - 4 : shrink
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO à dessiner.

Ce mot-clé est activable sur tout console définie par le couple ITERM1, ITERM2 (cf rapport 96).

Remarque :

Pour pouvoir utiliser toutes les facilités de tracés on utilisera TRNOXX (cf. 96 - 108).

26. Mot-clé EXTR

construire une S.D. NOPO contenant les faces de numéro de référence donné

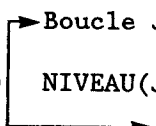
- * EXTR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) niveau de la S.D. NOPO initiale
- * NINOPS (I) niveau de la S.D. NOPO résultat
- * NBREF (I) nombre de référence de faces à considérer

→ Boucle J = 1, NBREF

NREF (I) référence à considérer.

27. Mot-clé TUER enlever des tables une ou plusieurs S.D. NOPO
devenues inutiles.

- * TUER (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NBRE (I) nombre de S.D. à tuer

(1)  Boucle J = 1 à NBRE
NIVEAU(J) (I) niveau de la Jième S.D. à supprimer des tables

Remarque :

L'utilisation de ce mot-clé, réalisable à tout moment, permet de minimiser la place mémoire nécessaire.

28. Mot-clé INTR introduire en mémoire centrale une S.D. NOPO sur
fichier séquentiel

- * INTR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) son niveau
- * NOM_NOPO (A) nom du fichier contenant la S.D. NOPO

Remarques :

* Pour être utilisable par les modules de symétrie, translation, ..., cette S.D. NOPO doit contenir un maillage de type P1 (noeuds - points = sommets)

* Si la S.D. NOPO contient des courbes en tableaux associés, celles-ci sont interprétées et ajoutées à celles déjà définies.

29. Mot-clé IMPR imprimer sur papier une S.D. NOPO résidant en
mémoire centrale

- * IMPR (A) le mot-clé à activer
- * IMPRE (I) paramètre d'impression
- * NINOPO (I) le niveau de la S.D. NOPO

30. Mot-clé FIN fin de l'exécution
 * FIN (A) le mot-clé à activer

6. UN EXEMPLE COMPLET

Nous reprenons l'exemple décrit en 1.4 et nous donnons :

- 1) le schéma de génération du maillage 3D à partir des surfaces 2D de référence (figure 21).
- 2) le listing des données utilisées pour créer les deux maillages 2D dont on aura besoin (cf. section 1) (figure 23).
- 3) le listing des données utilisées pour obtenir le maillage résultat. Ces données ont été générées par emploi du préprocesseur APN3XX (figure 22) .

Pour apprécier le résultat nous renvoyons aux dessins du maillage du paragraphe 1.4.

INTR	introduction du maillage 2D (partie 1)
MA23	utilisation de MA2D3D pour générer la partie basse (2 couches) du maillage 3D
INTR	introduction du maillage 2D (partie 2)
MA23	utilisation de MA2D3D pour générer la partie haute (6 couches) du maillage 3D du 1/6 de l'objet
RECO	recollement des parties basse et haute du 1/6 de l'objet pour construire le 1/6 du domaine
SYMP	construction de la partie symétrique par rapport au plan x=1 du 1/6 du domaine
RECO	recollement de ses 2 (1/6) pour former le 1/3 de l'objet (partie 1/3 centrale)
ROTA	rotation de 120° (partie 1/3 droite)
ROTA	rotation de -120° (partie 1/3 gauche)
RECO	recollement des parties 1/3 centrale et droite
RECO	recollement avec le 1/3 gauche pour obtenir le résultat
SAUV	sauvegarder sur fichier
FIN	fin du travail

Figure 21 : Méthodologie

```

'EXEMPLE_UP6.2D==>UP.
'INTR
  1      0
UP6.BAS.NOPO
$ IMPRE NINOPO ( SD EXTERIEURE )
$ NOM DU FICHIER
'MA23
  1      0      1
$ IMPRE NIVO2D NIVO3D
$ --- DEFINITION DE LA FONCTION ---
TRAN
  2
$ SECTION SUPERIEURE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.5000000E+00 $ VECTEUR TRANSLATION
BASE -1.000000
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ----- LES OPTIONS -----
$ ----- APPEL DU MAILLEUR -----
GO
'INTR
  1      2
UP6.HAUT.NOPO
$ IMPRE NINOPO ( SD EXTERIEURE )
$ NOM DU FICHIER
'MA23XX
  1      2      3
$ IMPRE NIVO2D NIVO3D
$ --- DEFINITION DE LA FONCTION ---
TRAN
  6
$ SECTION SUPERIEURE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.5000000E+00 $ VECTEUR TRANSLATION
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ----- LES OPTIONS -----
$ ----- APPEL DU MAILLEUR -----
GO
'RECO
  1      1      3      4 0.10000E-02      0      $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
'SYMP
  1      4      5
$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
0.1000000E+01 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00$ A. B. C. D.
'RECO
  1      4      5      6 0.10000E-02      0      $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
'ROTA
  1      6      7
$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.1000000E+01
$ AXE DE ROTATION
0.1200000E+03 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00$ TETA. X. Y. Z.
'ROTA
  1      6      8
$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.1000000E+01
$ AXE DE ROTATION
-0.1200000E+03 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00$ TETA. X. Y. Z.
'RECO
  1      6      8      9 0.10000E-02      0      $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
'RECO
  1      9      7      10 0.10000E-02      0      $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0      0
$ NBNNF NBNNSD
'SAUV
  1      10      0
$ IMPRE NINOPO NINOPO
UP.NOP3D1
$ NOM DU FICHIER
'F

```

Figure 22 : données de APNOP3
(via APN3XX)

```

TEST 3D
COURBES
1
COURBE01(X,Y)=
(X-7.)**2+(Y+3.975094)**2-36.;
COURBE02(X,Y)=
X**2+(Y-4.)**2-64.;
COURBE03(X,Y)=
X**2+Y**2-2.05**2;
COURBE04(X,Y)=
X**2+Y**2-0.85**2;
COURBE05(X,Y)=
X**2+(Y+3.4)**2-0.09;
FIN
POINTS
1 11
$ NOP NOREF(NOP) X(NOP) $ IMPRE NPOINT $
1 2 0.000000E+00 -.400000E+01
2 2 0.130000E+01 -.389367E+01
3 1 0.107976E+01 -.300000E+01
4 1 0.131722E+01 -.205000E+01
5 1 0.177535E+01 -.102500E+01
6 4 0.736122E+00 -.425000E+00
7 4 0.000000E+00 -.850000E+00
8 3 0.000000E+00 -.205000E+01
9 5 0.000000E+00 -.310000E+01
10 5 0.000000E+00 -.370000E+01
11 5 0.300000E+00 -.340000E+01
LIGNE
1 12
$ NOLIG NOELIG NEXTR1 NEXTR2 NOREFL NFFRON $ IMPRE NDLM $
1 5 1 2 2 10 0.100000E+01
2 5 2 3 1 0 0.100000E+01
3 5 4 3 1 10 0.100000E+01
4 5 5 6 0 0 0.100000E+01
5 6 7 6 4 10 0.100000E+01
6 5 7 8 0 0 0.100000E+01
7 5 8 9 0 0 0.100000E+01
8 3 11 9 5 10 0.100000E+01
9 3 10 11 5 10 0.100000E+01
10 3 1 10 0 0 0.100000E+01
11 6 8 5 3 10 0.100000E+01
12 5 4 5 0 0 0.100000E+01
TRIH
1 0 1 9 1
$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NS1L
$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :
1 2 3 12 11 7
1 0 1
9
$ NCOMP NBRINT IOPT $
$ COMPOSANTE $
REGU
1 0 1
$ IMPRE NIVO1 NIVO2
QUAC
1 2 2 4 1
$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NS1L
$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :
6 11 4 5
5 1
$ IMAX NQUAD
RECO
1 1 2 3 0.10000E-02 1
0 0
$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
$ NBNNF NBNSD
SAUV
1 3 0
UP6.BAS.NOPO
$ NOM FICHER
SAUV
1 2 0
UP6.HAUT.NOPO
$ NOM FICHER
F

```

Figure 23 : données de APNOPO

(via APNOXX, section 1)

pour créer les deux maillages 2D de référence

AIDE-MEMOIRE (APNOP3)

Liste et fonction des mots-clés

Mailler

* avant de lancer les mailleurs, il est nécessaire généralement de générer les points du maillage global.

<u>POIN</u>	: génération des points caractéristiques
<u>INTR</u>	: introduire une S.D. 2D en vue de MA23 ou 3D pour effectuer des transformations
<u>MA23</u>	: translation 2D → 3D
<u>SU23</u>	: génération de surface dans l'espace
<u>MANU</u>	: mailler un domaine "à la main"
<u>OBJE</u>	: mailler des objets en catalogue.

Transformer

<u>TRAN</u>	: translation
<u>ROTA</u>	: rotation
<u>SYMD</u>	
<u>ou SYMP</u>	: symétrie/plan
<u>DILA</u>	: dilatation
<u>RECO</u>	: recoller deux parties
<u>TETR</u>	: coupe chaque élément non tétraèdre en tétraèdres
<u>RETR</u>	: couper chaque élément en n^3 éléments du même type
<u>ADPO</u>	: ajouter des noeuds non sommets (à effectuer à la fin de l'enchaînement)
<u>RENE</u>	: renuméroter les noeuds et les éléments
<u>RENC</u>	: renuméroter les noeuds seulement
<u>NUME</u>	: changer des numéros

Sauver, finir

<u>SAUV</u>	: sauver sur fichier séquentiel le maillage et éventuellement imprimer la S.D. NOPO
<u>FIN</u>	: fin.

Utilitaires

EXTR : extraire des faces référencées
LIRE : lire sur un fichier existant une partie des données et les reporter dans le fichier de sortie.
CONT : permet de supprimer les contrôles de compatibilité entre les données (à vos risques et périls)
INTR : mettre en mémoire centrale une S.D. NOPO préexistante
TUER : enlever des tables une ou plusieurs S.D. NOPO
IMPR : impression d'une S.D. NOPO résidant en mémoire centrale
MENU : afficher le menu : liste des mots clés et leurs fonctions
? : idem
n'importe quoi : renvoi sur MENU.

Remarques :

- i) si les points sont donnés par la subroutine SPDPTS, celle-ci est à écrire, compiler, lier.
- ii) bibliothèques utiles : CONV, NOP3, NOPO, UTSD, UTIL, UTIF.
- iii) fichiers à assigner : ceux liés à l'utilisation de LIRE et INTR (selon les machines) et SAUV

SECTION 3

Modules de maillage 3D

3.1. COLIB2

(COLIBR - COLIBT - COLIBP - COLIBH)

3.2. GEL3D1

3.3. MA2D3D

MA2D3E

A. MARROCCO, INRIA

P.L. GEORGE, INRIA

A. GOLGOLAB, INRIA

3.1.

COLIB2 et ses dérivés

**Module de maillage tridimensionnel
par découpage structuré d'éléments grossiers**

P.L. GEORGE

Décembre 1988

PLAN

1 - PRESENTATION DE LA METHODE

1.1. Introduction

1.2. Les différentes étapes de la méthode

1.2.1. Données des éléments grossiers

1.2.2. Données des points de contrôle sur les arêtes

1.2.3. Génération des points des faces et des points internes

1.2.3.1. Points des faces

1.2.3.2. Points internes

1.2.4. Découpage et obtention des éléments du maillage

1.2.5. Les numéros de sous-domaines et de référence

2 - APPEL DU MODULE COLIB2

3 - LES MODULES DERIVES

3.1. Le module COLIBT (tétraèdre)

3.2. Le module COLIBP (pentaèdre)

3.3. Le module COLIBH (hexaèdre)

3.4. Le module COLIBR (données par "cartes")

4 - EXEMPLES D'UTILISATION

1 - PRESENTATION DE LA METHODE

1.1. Introduction

Le module COLIB2 génère le maillage d'un domaine tridimensionnel (ou bidimensionnel) à partir du découpage d'un recouvrement grossier de celui-ci réalisé à l'aide de quelques éléments de type : segment, triangle, quadrangle, tétraèdre, pentaèdre et hexaèdre.

Chaque élément grossier est ensuite découpé en sous-éléments du même type conformément à des points de contrôle donnés sur les arêtes grossières.

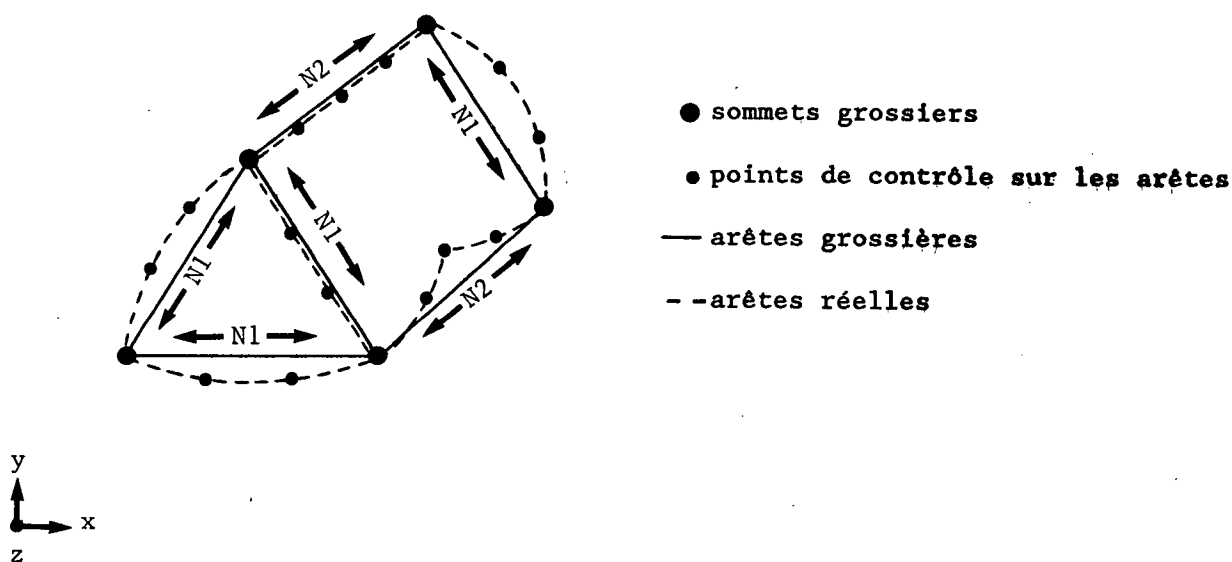


Figure 1 : Un exemple en dimension 2

les données (X,Y et Z = 0)

Le nombre de points de contrôle sur les arêtes grossières doit être cohérent pour assurer la possibilité d'un découpage canonique :

- dans l'exemple de la Figure 1, on a précisé N1 points sur les arêtes du triangle et sur l'arête opposé du quadrangle et N2 points sur les autres arêtes du quadrangle.

Le découpage est alors réalisé de façon classique (Figure 2).

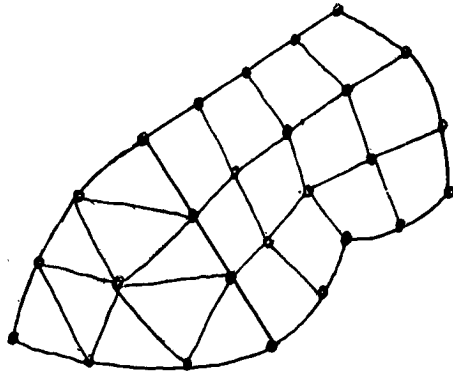


Figure 2 : Un exemple en dimension 2
le maillage résultat (X,Y)

1.2. Les différentes étapes de la méthode

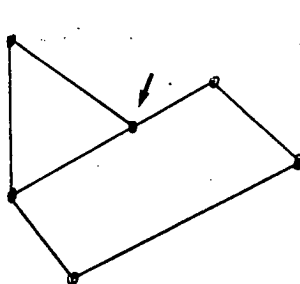
Le rapport technique "Mailleur 3D par découpage structuré d'éléments grossiers" décrit en détails la méthode dont nous mentionnons ici les principales étapes.

1.2.1. Données des éléments grossiers

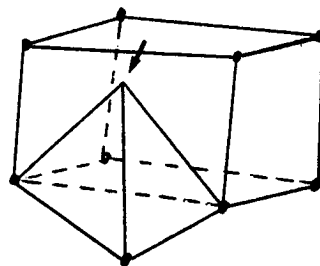
Le recouvrement grossier servant de donnée peut être composé des éléments suivants :

- segment, triangle, quadrangle
- et
- tétraèdre, pentaèdre, hexaèdre.

Ce maillage est fournie dans l'espace \mathbb{R}^3 (on pourra pour créer des maillages de \mathbb{R}^2 fournir des côtes à 0. dans les données puis au moment de la création de la S.D. NOPO ne stocker que les abscisses et les ordonnées). Le maillage grossier doit remplir les conditions de continuité habituelle (au sens des éléments finis).



(A)



(B)

Figure 3 : Données non continues

Chaque élément grossier est défini par la liste de ses sommets avec les règles suivantes :

- a) segment : pas d'ordre
- b) triangle : pas d'ordre
- c) quadrangle : à partir du premier sommet, on donne les suivants en parcourant la frontière dans un ordre quelconque
- d) tétraèdre : pas d'ordre
- e) pentaèdre : on donne le premier triangle de base (dans un ordre quelconque) puis le second dans le même ordre
- f) hexaèdre : on donne une face quadrangulaire (cf. c) puis la face opposée dans le même ordre.

1.2.2. Données des points de contrôle sur les arêtes

Afin de mieux respecter la géométrie réelle du domaine on donne sur chaque arête grossière des points de contrôle avec les règles suivantes :

- a) segment : N points intermédiaires
- b) triangle : N points intermédiaires sur chaque arête
- c) quadrangle : N1 points intermédiaires sur les arêtes 1 à 3 puis N2 points intermédiaires sur les arêtes 2 et 4
- d) tétraèdre : N points intermédiaires sur toutes les arêtes
- e) pentaèdre : N1 points intermédiaires sur toutes les arêtes des faces triangulaires, N2 sur les autres
- f) hexaèdre : N1 (N2,N3) points intermédiaires sur les arêtes se faisant face (Figure 4)

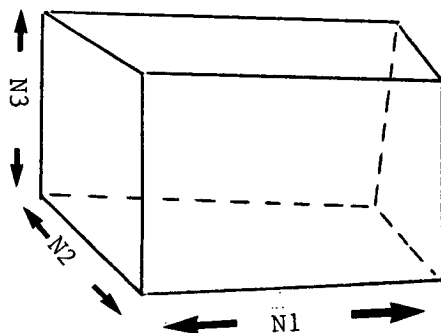


Figure 4 : Points intermédiaires (nombre)

Pour préciser la position des points de contrôle on dispose de 2 options :

a) option de découpage automatique d'une arête :

Les points de contrôle seront interpolés linéairement de façon équidistante entre les 2 extrémités de l'arête.

b) option de découpage manuel d'une arête :

Tous les points de contrôle de l'arête désirée sont donnés par l'utilisateur.

1.2.3. Génération des points des faces et des points internes

1.2.3.1. Points des faces

Chaque face triangulaire ou quadrangulaire T est traitée par utilisation d'une application F_T permettant de la reporter sur un triangle (ou un quadrangle de référence).

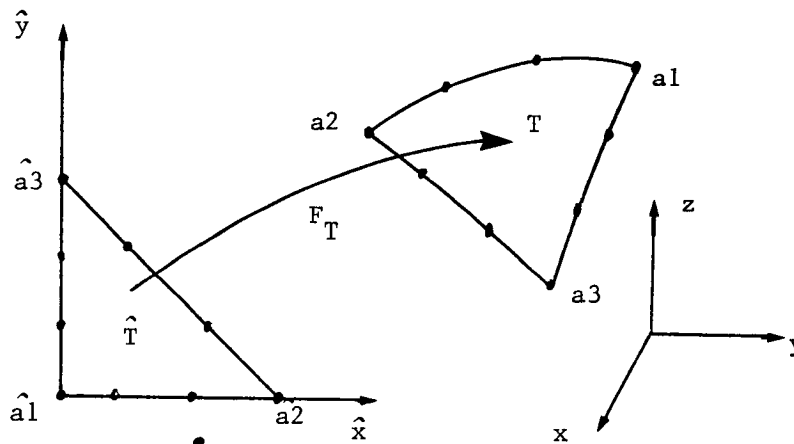


Figure 5 : Application de transport
(cas du triangle)

Soit f_i ($i=1$ à nombre d'arêtes de la face) une paramétrisation de l'arête i de l'élément de référence \hat{T} :

$$f_i = [0,1] \rightarrow [a_i, a_{i+1}]$$

avec $f_i(0) = a_i$ et $f_i(1) = a_{i+1}$ (modulo 3 ou 4).

Alors on construit les points internes de la face par :

soit

$$M = \frac{1-\hat{x}-\hat{y}}{1-\hat{x}} f_1(\hat{x}) + \frac{\hat{x}}{1-\hat{y}} f_2(\hat{y}) + \frac{\hat{y}}{\hat{x}+\hat{y}} f_3(1-\hat{x}-\hat{y})$$

$$- \left(\frac{1-\hat{x}-\hat{y}}{1-\hat{x}} \hat{x}a_1 + \frac{\hat{x}}{1-\hat{y}} \hat{y}a_2 + \frac{\hat{y}}{\hat{x}+\hat{y}} (1-\hat{x}-\hat{y})a_3 \right)$$

pour un triangle,

soit

$$M = (1-\hat{y})f_1(\hat{x}) + \hat{x}f_2(\hat{y}) + \hat{y}f_3(\hat{x}) + (1-\hat{x})f_4(\hat{y})$$

$$- ((1-\hat{x})(1-\hat{y})a_1 + \hat{x}(1-\hat{y})a_2 + \hat{x}\hat{y}a_3 + (1-\hat{x})\hat{y}a_4)$$

pour un quadrangle,

ou (\hat{x}, \hat{y}) désigne les coordonnées de référence du point \hat{M} résultant du découpage canonique sur \hat{T} (Figure 6) et a_i désigne le point réel de coordonnées x, y et z .

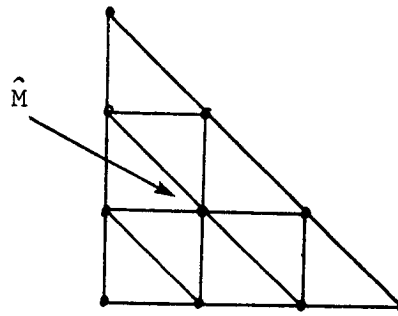


Figure 6 : Découpage canonique (N=2)
(cas du triangle)

1.2.3.2. Points internes

En fonction du type de l'élément et du nombre de points de contrôle sur ses arêtes, il peut être nécessaire de créer des points internes (cas du tétraèdre, pentaèdre et hexaèdre ; les triangles et quadrangles considérés comme des faces ont été traités ci-dessus).

Pour créer les points internes on procède en 3 étapes :

- Etape 1 : création de \hat{M} sur l'élément de référence \hat{T} de manière canonique.
- Etape 2 : création de \tilde{M} sur l'élément réel considéré comme droit par transport de \hat{M} grâce à l'application F_T correspondante.

Etape 3 : création de M, le point réel, sur l'élément réel par application du principe de la déformation d'un maillage (\vec{D}).

Voir la Figure 7 et le rapport technique déjà mentionné.

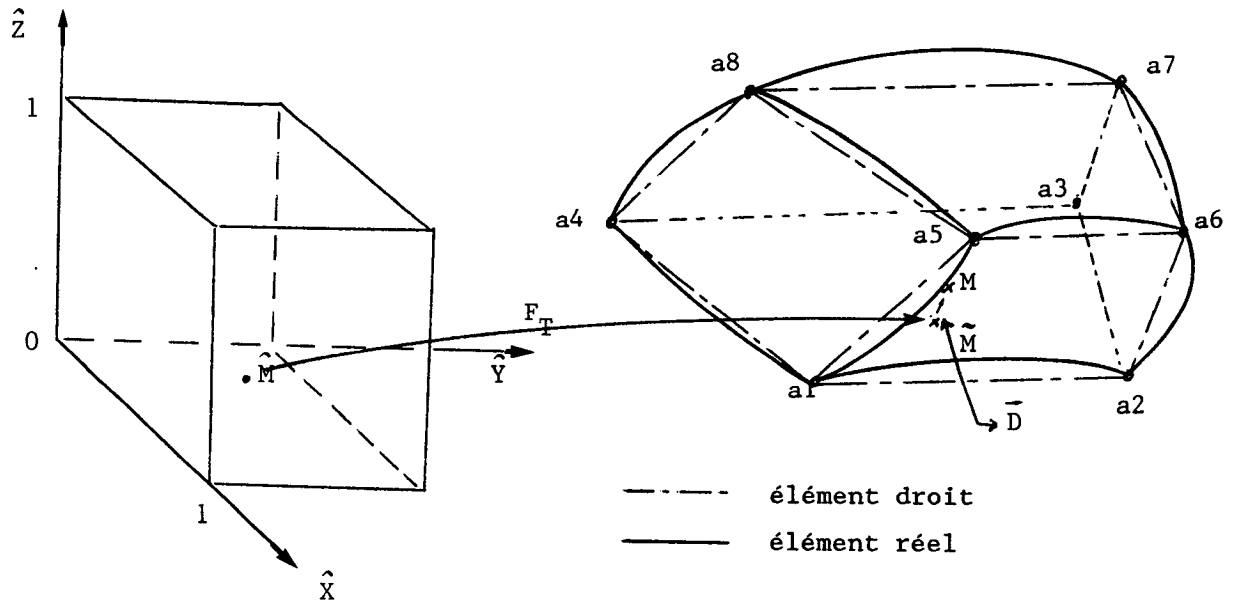


Figure 7 : Points internes

Dans le cas d'un tétraèdre on a :

$F_T : F_T(\hat{M}) = M$ définie par :

$$F_T(\hat{M}) = \sum_{i=1}^4 p_i(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) a_i$$

ou

$$p_1(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = 1 - \hat{x} - \hat{y} - \hat{z}$$

$$p_2(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = \hat{x}$$

$$p_3(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = \hat{y}$$

$$p_4(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = \hat{z}$$

1.2.4. Découpage et obtention des éléments du maillage

Après numérotation (fictive) de tous les points d'un élément grossier, le découpage en sous-élément est définie par énumération de ses sommets (Figure 8).

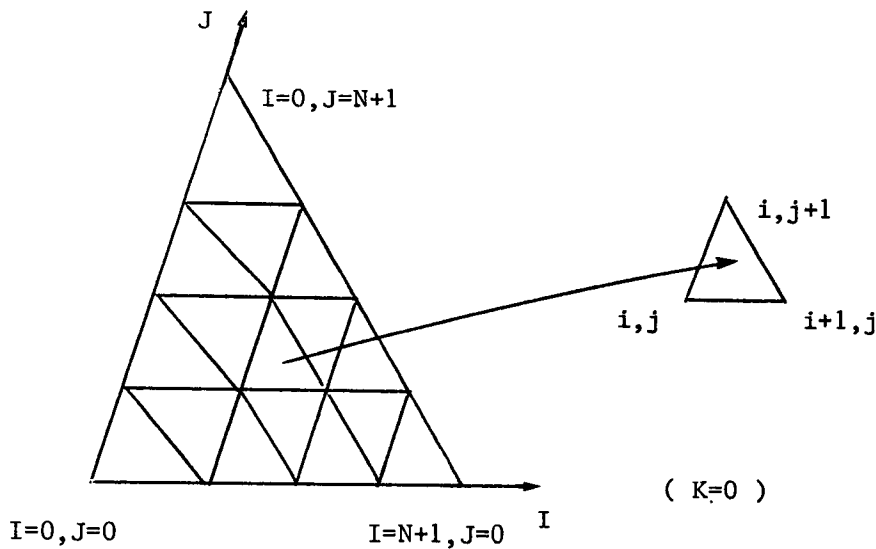


Figure 8 : Enumération des sous-éléments
(cas du triangle)

L'élément fictif de sommets : (i, j) $(i+1, j)$ $(i, j+1)$ permet de définir l'élément réel suivant :

$$P(i, j) , P(i+1, j) , P(i, j+1)$$

où P est la correspondance entre les positions (en terme de i et j) et les numéros globaux des points.

Quelques remarques :

- Dès lors que les éléments grossiers sont de volume positif, les sous-éléments sont correctement orientés (le programme assure cette orientation correcte de départ).

- La numérotation finale n'est en aucun cas optimale (cf. GIBBS Section 4).

1.2.5. Les numéros de sous-domaines et de référence

Chaque élément issu du découpage d'un élément grossier aura comme numéro de sous-domaine celui de cet élément de départ.

Les références des points, arêtes et faces de chaque élément issu du découpage d'un élément grossier sont obtenus d'après les références des items de celui-ci.

2 - APPEL DU MODULE COLIB2

Le programme d'appel doit comprendre les instructions suivantes :

* déclaration du tableau de travail M de LM mots dans le common blanc

* déclaration des tableaux d'entiers suivants

- . NARET(5,NA) ou NA est le nombre d'arêtes grossières
- . NTGRO(11,NBGRO) ou NBGRO est le nombre d'éléments grossiers
- . NTRS(NBS) ou NBS est le nombre de sommets grossiers
- . NTFR(6,NBFR) ou NBFR est le nombre de faces grossières ayant un numéro de référence différent de 0 (si NBFR = 0, on déclarera NTFR à la longueur (6,1))

* déclaration des tableaux de réels suivants

- . XYZ(3,NBS) ou NBS est le nombre de sommets grossiers
- . XYZINT(3,LINT) ou LINT est le nombre de points de contrôle sur les arêtes données par l'utilisation (si LINT = 0, on déclarera XYZINT à la longueur (3,1))

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL COLIB2 (M,NFNOPO,NINOPO,NDIMS,NBS,NA,NBGRO,NBFR,XYZ,NTRS,NARET,XYZINT,NTFR,NTGRO)

avec :

M	: le super tableau
NFNOPO	: numéro du fichier NOPO de sortie
NINOPO	: niveau de la S.D. NOPO de sortie
NDIMS	: la dimension de l'espace de sortie ; si NDIMS = 2 la cote Z est ignorée (sans contrôle), on est bien sûr dans le cas de segments triangles et quadrangles
NBS	: nombre de sommets du maillage grossier
NA	: nombre d'arêtes du maillage grossier
NBGRO	: nombre d'éléments grossiers
NBFR	: nombre de faces ayant un numéro de référence non nul

XYZ(3,NBS) : tableau des coordonnées des sommets du maillage grossier
XYZ(1,I) = coordonnée X du noeud I
XYZ(2,I) = coordonnée Y du noeud I
XYZ(3,I) = coordonnée Z du noeud I

NTRS(NBS) : tableau des numéros de référence des sommets du maillage grossier
NTRS(I) = référence du sommet n°I

NARET(5,NA) : tableau des arêtes du maillage grossier
NARET(1,I) = n° du sommet origine de l'arête I
NARET(2,I) = n° du sommet extrémité de l'arête I
NARET(3,I) = 0 ou 1 (code du découpage de l'arête)
0 : arête droite avec points équidistants
1 : points intermédiaires donnés dans le tableau XYZINT
NARET(4,I) = nombre de points de l'arête (hors extrémités)
NARET(5,I) = numéro de référence de l'arête

XYZINT(3,..) : tableau des coordonnées des points intermédiaires
XYZINT(1,..) = coordonnée X
XYZINT(2,..) = coordonnée Y
XYZINT(3,..) = coordonnée Z
Pour chaque arête dont NARET(3,I) = 1, donnez les coordonnées des points intermédiaires (extrémités exclues)

NTFR(6,NBFR) : tableau des faces ayant un numéro de référence
NTFR(1,I) = n° de référence de la Ième face référencée
NTFR(2,I) = 3 triangle
 = 4 quadrangle
NTFR(3→6,I) = liste des sommets de la Ième face référencée
 (0 s'ils n'existent pas)

NTGRO(11,I) : tableau des éléments grossiers
NTGRO(1,I) = type du Ième élément grossier
2 : segment ; 3 : triangle ; 4 : quadrangle ;
5 : tétraèdre ; 6 : pentaèdre ; 7 : hexaèdre
NTGRO(2→9,I) = liste des sommets du Ième élément grossier
 (0 s'ils n'existent pas)
NTGRO(10,I) = type des éléments finis de découpage
 cf. NTGRO(1,I)
NTGRO(11,I) = numéro de sous-domaine

Remarque :

Pour cette version les éléments finis de découpage sont de même type que l'élément grossier de départ.

3 - LES MODULES DERIVES

Ces modules sont construits à partir du module COLIB2 auquel on pourra se reporter.

Ils en représentent une version simplifiée :

- le nombre d'élément grossier généré est un
COLIBT traite un tétraèdre grossier
COLIBP traite un pentaèdre grossier
COLIBH traite un hexaèdre grossier

- les données sont les mêmes que pour COLIB2 pour ce cas particulier : elles sont donc plus simples au sens ou certaines sont automatiquement calculées.

- pour affecter des numéros de référence, il y a deux options :

- i) pas de référence ; i.e. toutes les références sont mises à zéro.
- ii) présence de référence ; i.e. chaque élément (point, arête, face) a une référence (comme pour GEL3D1) par suite l'utilisation de MODNOP peut se révéler utile.

Remarque :

La numérotation des points, arêtes, faces est celle de la S.D. NOPO cf. [2]).

3.1. Le module COLIBT (tétraèdre)

COMMON M (LM)

DIMENSION IDECAR(6), NBPARE(6), XYZ(3,4), XYZINT(3,?)

INITIALISATION DU TRAVAIL (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

CALL COLIBT (M,NFNOPO,NINOPO,XYZ,IDECAR,NBPARE,XYZINT,IREF,NDSDE)

avec :

M : le super tableau
NFNOPO : numéro du fichier NOPO de sortie
NINOPO : niveau de la S.D. NOPO de sortie

XYZ(3,4) : tableau des coordonnées des sommets du maillage grossier
XYZ(1,I) = coordonnée X du noeud I
XYZ(2,I) = coordonnée Y du noeud I
XYZ(3,I) = coordonnée Z du noeud I

IDECAR(6) : code de découpage des 6 arêtes
0 : découpage automatique
1 : découpage manuel : les points intermédiaires sont donnés

NBPARE(6) : nombre de points intermédiaires sur les 6 arêtes (extrémités exclues)

XYZINT(3,.) : tableau des coordonnées des points intermédiaires
XYZINT(1,.) = coordonnée X
XYZINT(2,.) = coordonnée Y
XYZINT(3,.) = coordonnée Z
Pour chaque arête dont IDECAR(*) = 1, donnez les coordonnées des points intermédiaires (extrémités exclues)

IREF : option pour affecter des numéros de références
0 : toutes les références sont mises à zéro
1 : chaque item est référencé
sommets : référence de 1 à 4
arêtes : référence de 5 à 10
faces : référence de 11 à 14

NDSDE : numéro du sous-domaine

Remarque :

si IREF = 1 on peut vouloir changer les numéros de référence :
utilisez MODNOP

3.2. Le module COLIBP (pentaèdre)

```
COMMON M (LM
DIMENSION IDECAR(9), NBPARE(9), XYZ(3,6), XYZINT(3,?)
INITIALISATION DU TRAVAIL (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

CALL COLIBP (M,NFNOPO,NINOPO,XYZ,IDECAR,NBPARE,XYZINT,IREF,NDSDE)
```

avec :

M : le super tableau
NFNOPO : numéro du fichier NOPO de sortie
NINOPO : niveau de la S.D. NOPO de sortie
XYZ(3,6) : tableau des coordonnées des sommets du maillage grossier
XYZ(1,I) = coordonnée X du noeud I
XYZ(2,I) = coordonnée Y du noeud I
XYZ(3,I) = coordonnée Z du noeud I
IDECAR(9) : code de découpage des 9 arêtes
0 : découpage automatique
1 : découpage manuel : les points intermédiaires sont
donnés
NBPARE(6) : nombre de points intermédiaires sur les 9 arêtes
(extrémités exclues)
XYZINT(3,.) : tableau des coordonnées des points intermédiaires
XYZINT(1,.) = coordonnée X
XYZINT(2,.) = coordonnée Y
XYZINT(3,.) = coordonnée Z
Pour chaque arête dont IDECAR(*) = 1, donnez les
coordonnées des points intermédiaires (extrémités exclues)
IREF : option pour affecter des numéros de références
0 : toutes les références sont mises à zéro
1 : chaque item est référencé
sommets : référence de 1 à 6
arêtes : référence de 7 à 15
faces : référence de 16 à 20
NDSDE : numéro du sous-domaine

Remarque :

si IREF = 1 on peut vouloir changer les numéros de référence :
utilisez MODNOP

3.3. Le module COLIBH (hexaèdre)

COMMON M (LM)
DIMENSION IDECAR(12), NBPARE(12), XYZINT(3,?)
INITIALISATION DU TRAVAIL (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

CALL COLIBH (M,NFNOPO,NINOPO,XYZ,IDECAR,NBPARE,XYZINT,IREF,NDSDE)

avec :

M : le super tableau
NFNOPO : numéro du fichier NOPO de sortie
NINOPO : niveau de la S.D. NOPO de sortie
XYZ(3,.) : tableau des coordonnées des sommets du maillage grossier
XYZ(1,I) = coordonnée X du noeud I
XYZ(2,I) = coordonnée Y du noeud I
XYZ(3,I) = coordonnée Z du noeud I
IDECAR(12) : code de découpage des 12 arêtes
0 : découpage automatique
1 : découpage manuel : les points intermédiaires sont donnés
NBPARE(12) : nombre de points intermédiaires sur les 12 arêtes (extrémités exclues)
XYZINT(3,.) : tableau des coordonnées des points intermédiaires
XYZINT(1,.) = coordonnée X
XYZINT(2,.) = coordonnée Y
XYZINT(3,.) = coordonnée Z
Pour chaque arête dont IDECAR(*) = 1, donnez les coordonnées des points intermédiaires (extrémités exclues)
IREF : option pour affecter des numéros de références
0 : toutes les références sont mises à zéro
1 : chaque item est référencé
sommets : référence de 1 à 8
arêtes : référence de 9 à 20
faces : référence de 21 à 26
NDSDE : numéro du sous-domaine

Remarque :

si IREF = 1 on peut vouloir changer les numéros de référence :
utilisez MODNOP

3.4. Le module COLIBR ("cartes")

COMMON M (LM)

INITIALISATION DU TRAVAIL (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

CALL COLIBR (M,NFNOPO,NINOPO)

avec :

NFNOPO : numéro de fichier NOPO

NINOPO : niveau de la S.D. NOPO

Avec les cartes données suivantes :

Les données comportent principalement :

- a) les données des sommets c'est à dire des extrémités des arêtes des éléments grossiers
- b) les données des arêtes des éléments grossiers (entre deux sommets on ne peut créer qu'une seule arête)
- c) la description des éléments grossiers
- d) les données des numéros de référence des faces, des arêtes et des sommets. Les conditions suivantes doivent être respectées :

* Si une condition (définie par un numéro de référence) est appliquée à une arête, elle doit être systématiquement donnée pour l'arête même si celle-ci appartient à une face qui a la même référence.

* Si une condition est appliquée à un sommet, cette condition doit être systématiquement donnée même si le sommet appartient à une arête ou une face qui possède la condition.

Entrée et format des données

1°) Une carte comprenant 6 valeurs

NBS NBA NBGRO IMPRE NBFR NDIMS

NBS = nombre de sommets des éléments grossiers

NBA = nombre d'arêtes

NBGRO = nombre d'éléments grossiers de décomposition de la structure à
mailler

IMPRE = paramètre d'impression

NBFR = nombre de faces ayant un numéro de référence différent de 0

NDIMS = dimension de l'espace de sortie (3 ou 2)

2°) Données des sommets : boucle de 1 à NBS

NS NOREF X Y Z

NS = numéro du sommet ($1 \leq NS \leq NBS$)

NOREF = référence du sommet

X,Y,Z = coordonnées du sommet NS dans le système d'axes orthonormés
choisit par l'utilisateur

Fin de boucle

3°) Données des arêtes : boucle de 1 à NBA

NA NS1 NS2 IDEC NP NOREF

NA = numéro de l'arête

NS1 = numéro du sommet origine

NS2 = numéro du sommet extrémité (origine et extrémité sont
choisies arbitrairement)

IDEC = code de description de l'arête

0 arête droite avec points équidistants

1 les points intermédiaires sont donnés sur les cartes
suivantes

NP = nombre de points de l'arête (hors extrémités)

NOREF = numéro de référence

Cartes supplémentaires pour IDEC = 1, on donne les 3 coordonnées
des NP points intermédiaires de l'origine vers l'extrémité (on
utilise autant de cartes qu'il est nécessaire). On donne donc :

$X_1 \ Y_1 \ Z_1 \ X_2 \ Y_2 \ \dots \ X_{NP} \ Y_{NP} \ Z_{NP}$

Fin de boucle

4°) Pour chaque face sur laquelle est appliquée une condition particulière, on donne la carte suivante (soit en tout NBFR cartes) :

NOREF, ITYPE, LS(1), LS(2), ..., LS(ITYPE)

NOREF = numéro de référence de la face

ITYPE = 3 ou 4 suivant le type de face

3 pour les triangles

4 pour les quadrangles

LS = liste des sommets (on choisit un sens de parcours arbitraire sur le contour)

5°) Données des éléments grossiers. Il y a deux cartes par élément grossier. Boucle de 1 à NBGRO

1ère carte

NGRO ITYP

NGRO = numéro de l'élément grossier $1 \leq \text{NGRO} \leq \text{NBGRO}$

ITYP = 3 élément à 3 arêtes : "triangle"

= 4 élément à 4 arêtes : "quadrangle"

= 5 élément tridimensionnel "tétraédrique"

= 6 élément tridimensionnel "pentaédrique"

= 7 élément tridimensionnel "hexaédrique"

= 2 élément de type "segment"

2ème carte

LS NCGE NDSDE

LS = liste des sommets de l'élément (cf. remarque 1.2.1)

NCGE = code de l'élément fini de découpage (même convention que pour ITYP)

NDSDE = numéro du type de zone physique

Fin de boucle

. Toutes les données sont des entiers sauf les coordonnées qui sont des réels S.P.

. Toutes les données sont lues en format libre.

4 - EXEMPLES D'UTILISATION

Nous donnons ci-dessous quelques exemples d'utilisation et d'application du mailleur décrit dans cette section.

1. COLIB2 dans le cas d'un pentaèdre
 - le programme d'appel
 - le maillage résultat
2. COLIBR : appel en donnant un fichier de données
 - le programme d'appel
 - un fichier de données pour générer un maillage bidimensionnel
 - le maillage résultat
 - un fichier de données pour générer un maillage tridimensionnel
 - le maillage résultat
3. COLIBH : appel de COLIB2 dans le cas d'un seul élément grossier de type hexaèdre
 - le programme d'appel
 - le maillage résultat
4. Un exemple de maillage obtenu dans le cas d'un problème de fibres composites
5. Un exemple de maillage obtenu dans le cas d'un cube avec une inclusion en un coin

C test pentaedre colib2

C ++++++

PARAMETER (LM = 100000)

COMMON M(LM)

dimension XYZ (3,6),NTNRS (6),NARET (5,9),NSUP (11,1),
NTFR (6,2),XYZINT (3,1)

C

DATA XYZ / 0. , 0. , 0. , 3. , 0. , 0. , 0. , 3. , 0. ,
+ 0. , 0. , 4. , 3. , 0. , 4. , 0. , 3. , 4. /
DATA NTNRS / 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 /
DATA NARET / 1,2,0,4,1, 2,3,0,4,2, 3,1,0,4,3,
+ 1,4,0,4,4, 2,5,0,4,5, 3,6,0,4,6,
+ 4,5,0,4,7, 5,6,0,4,8, 6,4,0,4,9/
DATA NTFR / 7,3,1,2,3,0, 8,3,4,5,6,0/
DATA NSUP / 6,1,2,3,4,5,6,0,0,6,1/

C

IMPRE = -2

NNN = 0

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

NFNOPO = 10

CALL TRUNIT (NFNOPO)

CALL OUVRI (NFNOPO,'test.nopo','UNKNOWN,UNFORMATTED',2000000)

C

NDIM = 3

NBS = 6

NA = 9

NBGRO = 1

NBFR = 2

print *, ' NOMBRE DE POINTS INTERNE A UNE ARETE DE TRIANGLE ? '

CALL LIBENT (NPINT)

DO 1 I=1,9

NARET(4,I) = NPINT

1 CONTINUE

print *, ' NOMBRE DE POINTS INTERNE A UNE ARETE DE QUADRANGLE ? '

CALL LIBENT (NPINT)

DO 2 I=4,6

NARET(4,I) = NPINT

2 CONTINUE

C

CALL COLIB2 (M,NFNOPO,NINOPO,NDIM,NBS,NA,NBGRO,NBFR,
+ XYZ,NTNRS,NARET,XYZINT,NTFR,NSUP)

STOP

END

MODULEF : george

12/01/89

test.nopo

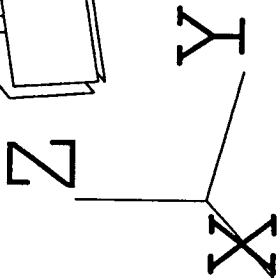
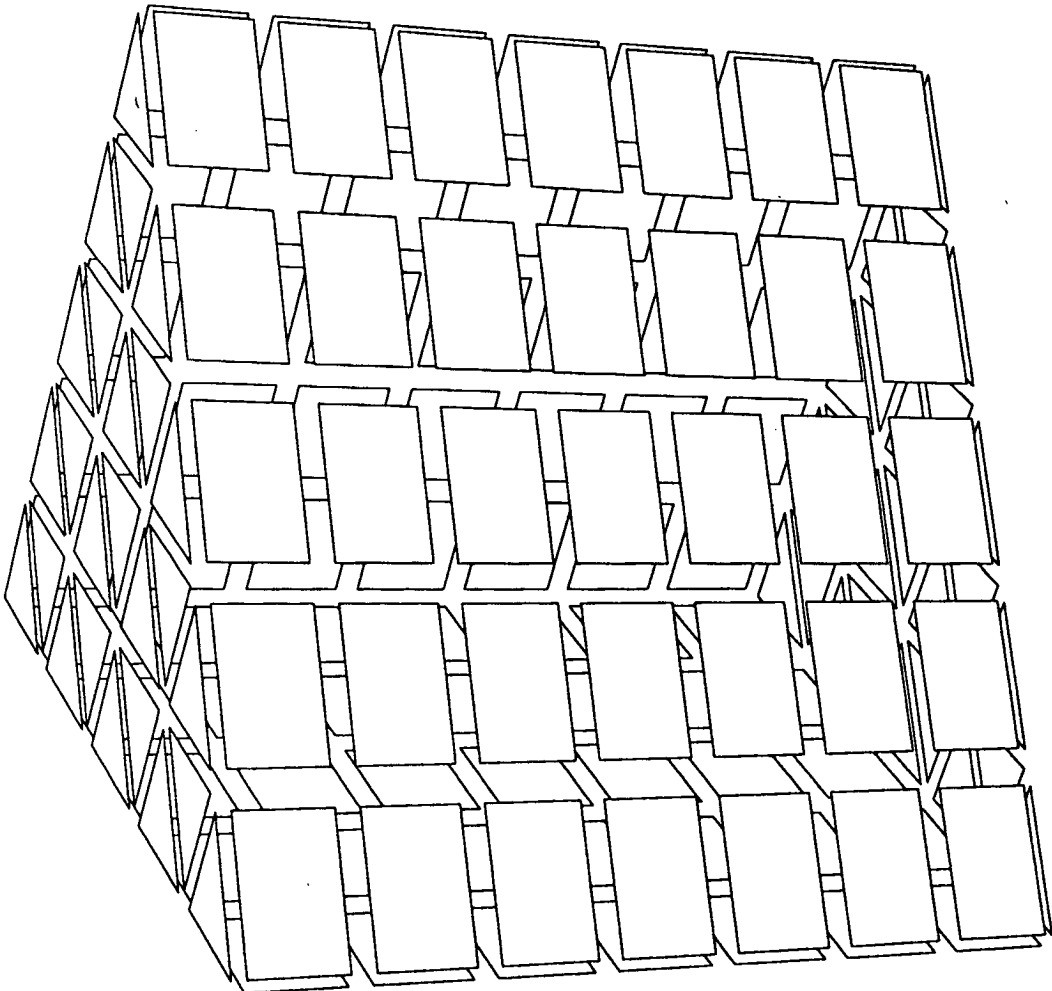
168 POINTS
515 FACES
175 VOLUMES
175 PENTAEDRES
1 COMPOSANTE (S) O
1 COMPOSANTE (S) F

POINT MINIMAL :
0.00 0.00 0.00
POINT MAXIMAL :
3.0 3.0 4.0

OBSERVATEUR CARTESIEN :
14. 8.8 10.
POINT REGARDE :
1.5 1.5 2.0

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 17.
OUVERTURE :
10.

PEAU SHRINKEE VUE



\$	NBS	NA	NBGRO	IMPRE	NBFR	NDIM	\$
	19	35	17	2	0	2	
\$	NOP	NOREF	X	Y	Z	?	\$
1	1	1		0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
2	2	2		0.110000E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	
3	3	3		0.110000E+02	0.900000E+01	0.000000E+00	
4	4	4		0.110000E+02	0.180000E+02	0.000000E+00	
5	5	5		0.200000E+01	0.180000E+02	0.000000E+00	
6	6	6		0.000000E+00	0.180000E+02	0.000000E+00	
7	7	7		0.000000E+00	0.400000E+01	0.000000E+00	
8	8	8		0.800000E+01	0.400000E+01	0.000000E+00	
9	9	9		0.800000E+01	0.800000E+01	0.000000E+00	
10	10	10		0.600000E+01	0.110000E+02	0.000000E+00	
11	11	11		0.200000E+01	0.110000E+02	0.000000E+00	
12	12	12		0.000000E+00	0.800000E+01	0.000000E+00	
13	13	13		0.200000E+01	0.600000E+01	0.000000E+00	
14	14	14		0.550000E+01	0.600000E+01	0.000000E+00	
15	15	15		0.550000E+01	0.750000E+01	0.000000E+00	
16	16	16		0.490000E+01	0.900000E+01	0.000000E+00	
17	17	17		0.290000E+01	0.910000E+01	0.000000E+00	
18	18	18		0.200000E+01	0.750000E+01	0.000000E+00	
19	19	19		0.400000E+01	0.750000E+01	0.000000E+00	

\$	NA	IEIX1	IEIX2	IDEC	NP	NOREF	\$
1	1	1	2	0	5	1	
2	2	2	3	0	5	1	
3	3	3	4	0	5	1	
4	4	4	5	0	5	1	
5	5	5	6	0	5	1	
6	6	6	12	0	4	1	
7	12	7	0	5	2		
8	7	1	0	4	1		
9	7	8	0	5	2		
10	8	2	0	4	0		
11	8	9	0	5	2		
12	9	10	0	5	2		
13	9	3	0	4	0		
14	10	4	0	4	0		
15	10	11	0	5	2		
16	12	11	0	5	2		
17	11	5	0	4	0		
18	13	7	0	5	0		
19	14	8	0	5	0		
20	15	9	0	5	0		
21	16	10	0	5	0		
22	17	11	0	5	0		
23	18	12	0	5	0		
24	13	14	0	5	3		
25	14	15	0	5	3		
26	15	16	1	5	3		
	5.45	7.75	0.				
	5.4	8.	0.				
	5.3	8.25	0.				
	5.2	8.50	0.				
	5.1	8.75	0.				
27	16	17	1	5	3		
	4.5	9.3	0.				
	4.25	9.45	0.				
	4.0	9.5	0.				
	3.5	9.45	0.				
	3.25	9.3	0.				
28	17	18	1	5	3		
	2.60	8.75	0.				
	2.40	8.50	0.				
	2.25	8.25	0.				
	2.10	8.0	0.				
	2.05	7.75	0.				
29	18	13	0	5	3		
30	19	13	0	5	0		
31	19	14	0	5	0		
32	19	15	0	5	0		
33	19	16	0	5	0		
34	19	17	0	5	0		
35	19	18	0	5	0		

\$	ELEMENTS	GROSSIERS	\$
\$ I	NCGE	SOMMETS	NCGE NDSD \$
1	4	1 2 8 7	4 1
2	4	2 3 9 8	4 1
3	4	3 4 10 9	4 1
4	4	10 4 5 11	4 1
5	4	11 5 6 12	4 1
6	4	7 13 18 12	4 2
7	4	7 8 14 13	4 2
8	4	8 14 15 9	4 2
9	4	15 9 10 16	4 2
10	4	16 10 11 17	4 2
11	4	18 17 11 12	4 2
12	3	13 14 19	3 3
13	3	14 15 19	3 3
14	3	15 16 19	3 3
15	3	16 17 19	3 3
16	3	19 18 17	3 3
17	3	13 19 18	3 3

```

C TEST COLIBR ( COLIB2 AVEC FICHIER DE DONNEES )
C ++++++
PARAMETER ( LM = 300000 )
COMMON M(LM)
C
IMPRE = -2
NNN = 0
CALL INITIS(M,LM,IMPRE,NNN)
NFINOPO = 10
CALL TRUNIT (NFINOPO)
CALL OUVRI (NFINOPO,'test.nopo','UNKNOWN,UNFORMATTED',2000000)
C
NFDATA = 11
CALL TRUNIT (NFDATA)
CALL OUVRI (NFDATA,'COLI.DATA','UNKNOWN,FORMATTED',2000000)
C
CALL LECTEU (NFDATA)
CALL COLIBR (M,NFINOPO,NINOPO)
STOP
END

```

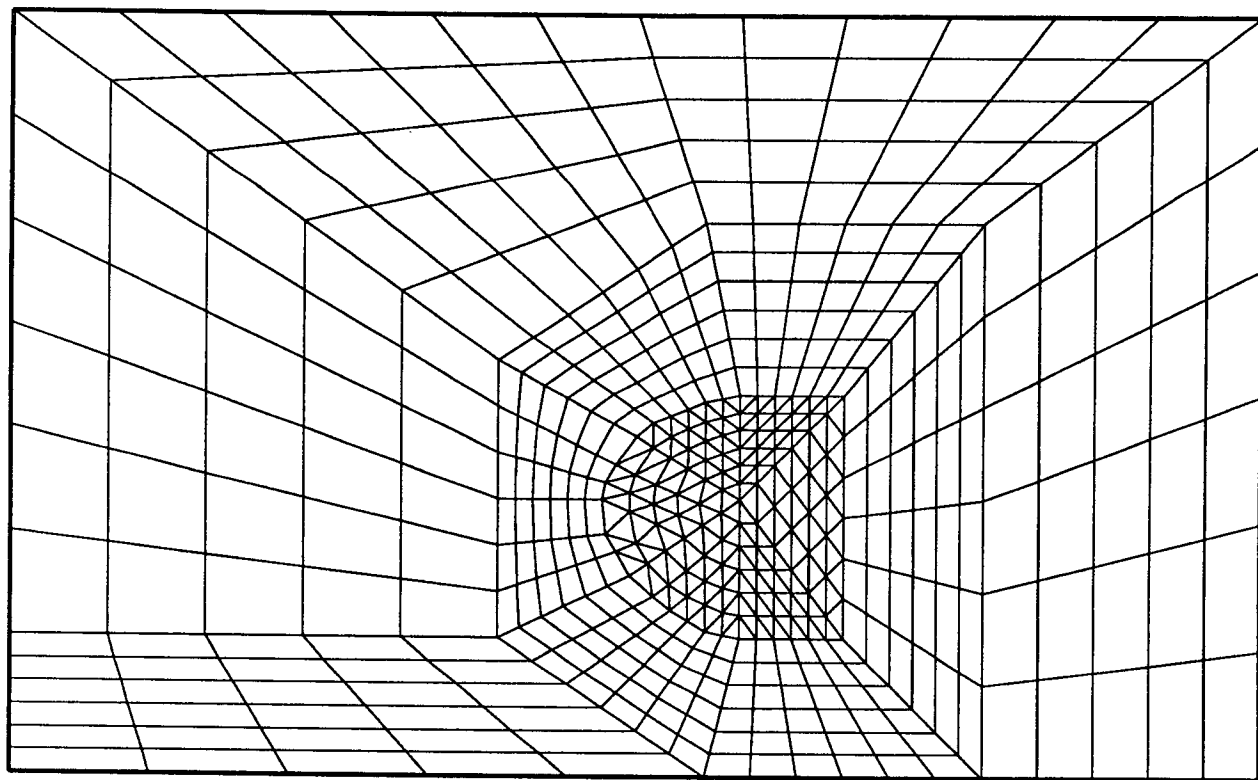

MODULEF : george

26/12/88

test.nopo

498 POINTS
498 NOEUDS
582 ELEMENTS
216 TRIANGLES
366 QUADRANGLES
0 TROU (S)

COIN BAS GAUCHE :
-4.6 -0.90
COIN HAUT DROIT :
16. 19.



\$	NBS	NA	NBGRO	IMPRE	NBFR	NDIM	\$
26	61	12	2	0	3		
\$	NOP	NOREF	X	Y	Z	?	\$
1	7						0.000000E+00
2	8						0.800000E+01
3	9						0.800000E+01
4	10						0.600000E+01
5	11						0.200000E+01
6	12						0.000000E+00
7	13						0.200000E+01
8	14						0.550000E+01
9	15						0.550000E+01
10	16						0.490000E+01
11	17						0.290000E+01
12	18						0.200000E+01
13	19						0.400000E+01
14	7						0.000000E+00
15	8						0.800000E+01
16	9						0.800000E+01
17	10						0.600000E+01
18	11						0.200000E+01
19	12						0.000000E+00
20	13						0.200000E+01
21	14						0.550000E+01
22	15						0.550000E+01
23	16						0.490000E+01
24	17						0.290000E+01
25	18						0.200000E+01
26	19						0.400000E+01
\$	NA	IE1	IE2	IDE1	NP	NOREF	\$
1	6	1	0	5	2		
2	1	2	0	5	2		
3	2	3	0	5	2		
4	3	4	0	5	2		
5	4	5	0	5	2		
6	6	5	0	5	2		
7	7	1	0	5	0		
8	8	2	0	5	0		
9	9	3	0	5	0		
10	10	4	0	5	0		
11	11	5	0	5	0		
12	12	6	0	5	0		
13	7	8	0	5	3		
14	8	9	0	5	3		
15	9	10	1	5	3		
	5.45	7.75	0.				
	5.4	8.	0.				
	5.3	8.25	0.				
	5.2	8.50	0.				
	5.1	8.75	0.				
16	10	11	1	5	3		
	4.5	9.3	0.				
	4.25	9.45	0.				
	4.0	9.5	0.				
	3.5	9.45	0.				
	3.25	9.3	0.				
17	11	12	1	5	3		
	2.60	8.75	0.				
	2.40	8.50	0.				
	2.25	8.25	0.				
	2.10	8.0	0.				
	2.05	7.75	0.				
18	12	7	0	5	3		
19	13	7	0	5	0		
20	13	8	0	5	0		
21	13	9	0	5	0		
22	13	10	0	5	0		
23	13	11	0	5	0		
24	13	12	0	5	0		
25	19	14	0	5	2		
26	14	15	0	5	2		
27	15	16	0	5	2		
28	16	17	0	5	2		
29	17	18	0	5	2		
30	19	18	0	5	2		
31	20	14	0	5	0		
32	21	15	0	5	0		
33	22	16	0	5	0		
34	23	17	0	5	0		
35	24	18	0	5	0		
36	25	19	0	5	0		
37	20	21	0	5	3		
38	21	22	0	5	3		
39	22	23	1	5	3		
	5.45	7.75	10.				
	5.4	8.	10.				
	5.3	8.25	10.				
	5.2	8.50	10.				
	5.1	8.75	10.				
40	23	24	1	5	3		
	4.5	9.3	10.				
	4.25	9.45	10.				
	4.0	9.5	10.				
	3.5	9.45	10.				
	3.25	9.3	10.				
41	24	25	1	5	3		
	2.60	8.75	10.				
	2.40	8.50	10.				
	2.25	8.25	10.				
	2.10	8.0	10.				
	2.05	7.75	10.				
42	25	20	0	5	3		
43	26	20	0	5	0		
44	26	21	0	5	0		
45	26	22	0	5	0		
46	26	23	0	5	0		
47	26	24	0	5	0		
48	26	25	0	5	0		
49	1	14	0	2	0		

```

C TEST COLIBR ( COLIB2 AVEC FICHER DE DONNEES )
C *****
PARAMETER ( LM = 300000 )
COMMON M(LM)

C
IMPRES = -2
NNN = 0
CALL INITIS (M, LM, IMPRES, NNN)
NFINOPO = 10
CALL TRUNIT (NFINOPO)
CALL OUVRES (NFINOPO, 'test.nopo', 'UNKNOWN, UNFORMATTED', 2000000)

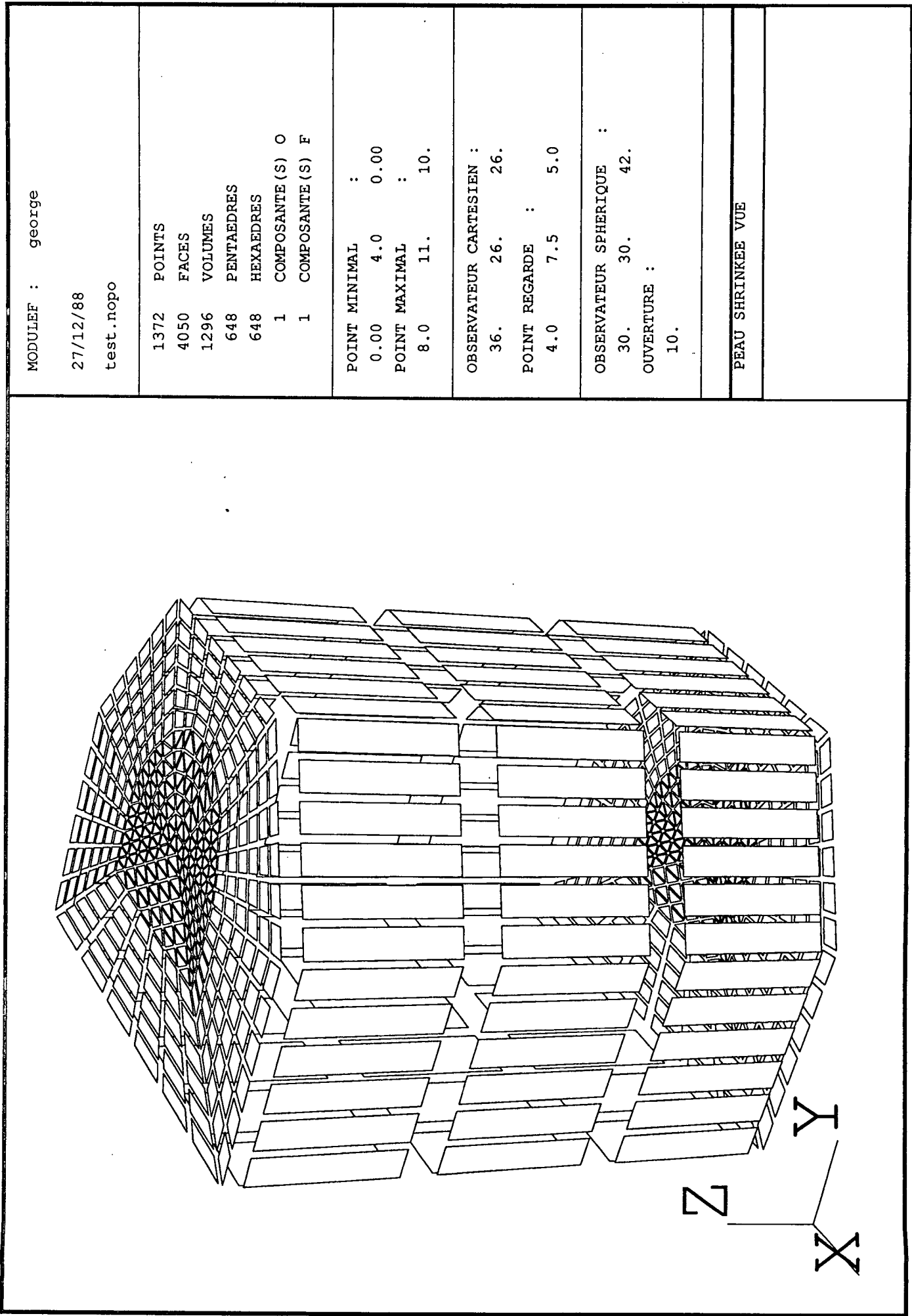
C
NFDATA = 11
CALL TRUNIT (NFDATA)
CALL OUVRES (NFDATA, 'COLI.DATA', 'UNKNOWN, FORMATTED', 2000000)

C
CALL LECTEU (NFDATA)
CALL COLIBR (M, NFINOPO, NFINOPO)
STOP
END

```

\$	50	2	15	0	2	0
51	3	16	0	2	0	
52	4	17	0	2	0	
53	5	18	0	2	0	
54	6	19	0	2	0	
55	7	20	0	2	0	
56	8	21	0	2	0	
57	9	22	0	2	0	
58	10	23	0	2	0	
59	11	24	0	2	0	
60	12	25	0	2	0	
61	13	26	0	2	0	

\$	ELEMENTS	GROSSIERS	\$	NCGE	NDSD	\$
1	7	1	2	8	7	1
2	7	2	3	9	8	1
3	7	3	4	10	9	1
4	7	10	11	5	4	1
5	7	5	6	12	11	1
6	7	1	7	12	6	1
7	6	7	8	13	20	1
8	6	8	13	9	21	1
9	6	13	9	10	26	1
10	6	13	10	11	26	1
11	6	13	11	12	26	1
12	6	7	13	12	20	1



```

C ++++++
C TEST COLIBH ( COLIB2 AVEC UN SEUL HEXAEDRE )
C ----- EXEMPLE DU JOINT ( PARTIE 1 )
C ++++++
PARAMETER ( LM = 300000 )
COMMON M(LM)
INTEGER IDECAR(12),NBPARE(12)
REAL XYZ(3,8),XYZINT(3,200)

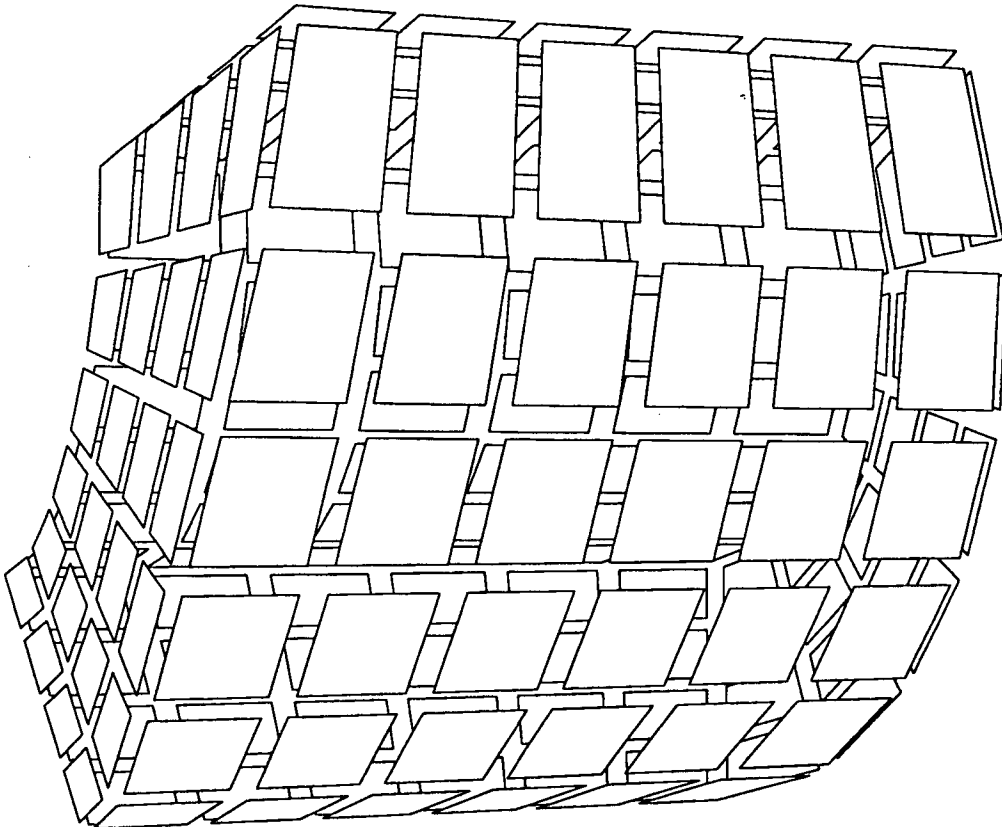
C
IMPRES = 2
NNN = 0
CALL INITIS(M,LM,IMPRES,NNN)
C
--- LA S.D.S. NOPO ---
NFPNOPO = 10
NINOPO = 0
CALL TRUNIT (NFPNOPO)
CALL OUVVIS(NFPNOPO,'test.nopo','UNKNOWN,UNFORMATTED',2000000)
C
--- LES REFERENCES ET LE SOUS DOMAINE ---
NDSDE = 1
IREF = 0
C
-----
C --- LA GEOMETRIE ---
C
DO 1 I=1,3
DO 1 J=1,8
XYZ(I,J) = 0.
1 CONTINUE
C
--- LES PARAMETRES DE DEFINITION :
RPI = 3.14159265
A30 = 30. * RPI / 180.
S30 = SIN(A30)
C30 = COS(A30)
R03 = 0.3
X03 = 0.
Y03 = 0.
R06 = 0.6
X06 = 0.
Y06 = 0.
BB = 1.2
C
--- LA BASE :
XYZ(1,1) = R06 * S30
XYZ(1,2) = R06 * S30
XYZ(1,3) = R03 * S30
XYZ(1,4) = R03 * S30
XYZ(2,1) = - R06 * C30
XYZ(2,2) = R06 * C30
XYZ(2,3) = R03 * C30
XYZ(2,4) = - R03 * C30
C
--- LE HAUT :
DO 2 I=1,2
DO 2 J=1,4
XYZ(I,J+4) = XYZ(I,J)
2 CONTINUE
DO 3 J=1,4
AA = 1.0 + 0.3 * XYZ(1,J) / 1.7
CALL SPELLI(AA,BB,XYZ(2,J+4),XYZ(3,J+4))
3 CONTINUE
C
--- LES ARETES :
NPI = 5
DO 4 J=1,12
NBPARE(J) = NPI
IDECAR(J) = 0
4 CONTINUE
NBPARE(2) = 3
NBPARE(4) = 3
NBPARE(10) = 3
NBPARE(12) = 3
C
IDECAR(1) = 1
IDECAR(3) = 1
IDECAR(9) = 1
IDECAR(11) = 1
C
--- LES POINTS INTERMEDIAIRES :
C ARETE 1 :
IEX11 = 1
IEX21 = 2
D1 = ( XYZ(2,IEX21) - XYZ(2,IEX11) ) / ( NPI + 1. )
C ARETE 3 :
IEX13 = 3
IEX23 = 4
D3 = ( XYZ(2,IEX23) - XYZ(2,IEX13) ) / ( NPI + 1. )
C
Y
DO 5 J=1,NPI
XYZINT(2,J) = XYZ(2,IEX11) + J * D1
XYZINT(2,J+NPI) = XYZ(2,IEX13) + J * D3
5 CONTINUE
C
X = FONCTION DE Y
DO 6 J=1,NPI
CALL SPCERC(R06,X06,Y06,XYZINT(2,J),XYZINT(1,J))
CALL SPCERC(R03,X03,Y03,XYZINT(2,J+NPI),XYZINT(1,J+NPI))
6 CONTINUE
REPORT SUR ARETES 9 ET 11 :
DO 7 J=1,NPI
XYZINT(1,J+2*NPI) = XYZINT(1,J)
XYZINT(1,J+3*NPI) = XYZINT(1,J+NPI)
XYZINT(2,J+2*NPI) = XYZINT(2,J)
XYZINT(2,J+3*NPI) = XYZINT(2,J+NPI)
7 CONTINUE
Z
DO 8 J=1,4*NPI
XYZINT(3,J) = 0.
8 CONTINUE
Z ( ARETES 9 ET 11 )
DO 9 J=1,2*NPI
AA = 1.0 + 0.3 * XYZINT(1,J+2*NPI) / 1.7
CALL SPELLI(AA,BB,XYZINT(2,J+2*NPI),XYZINT(3,J+2*NPI))
9 CONTINUE
C
--- APPEL DU MODULE ---
CALL COLIBH(M,NFPNOPO,NINOPO,XYZ,IDECAR,NBPARE,XYZINT,IREF,NDSDE)

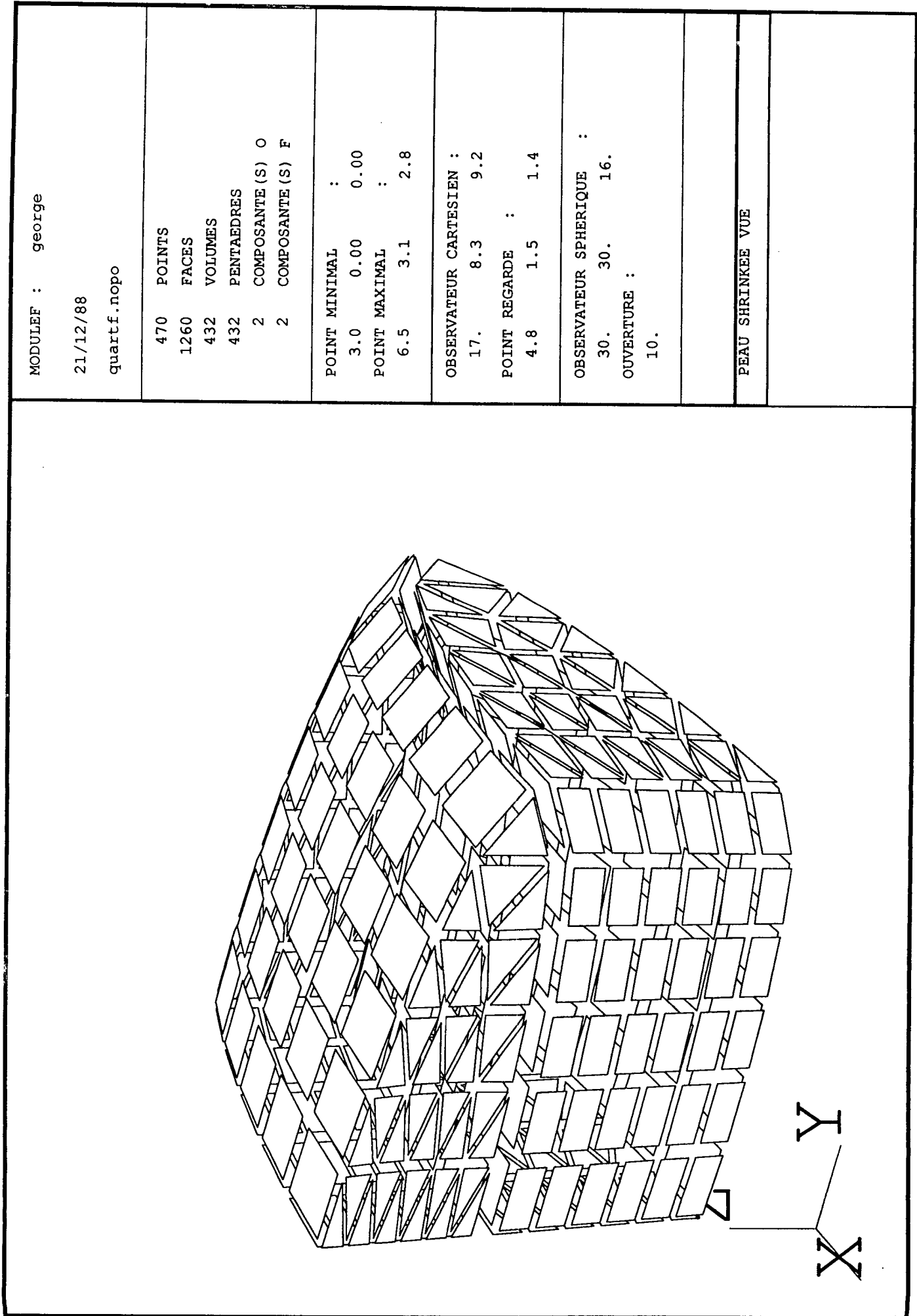
```

```

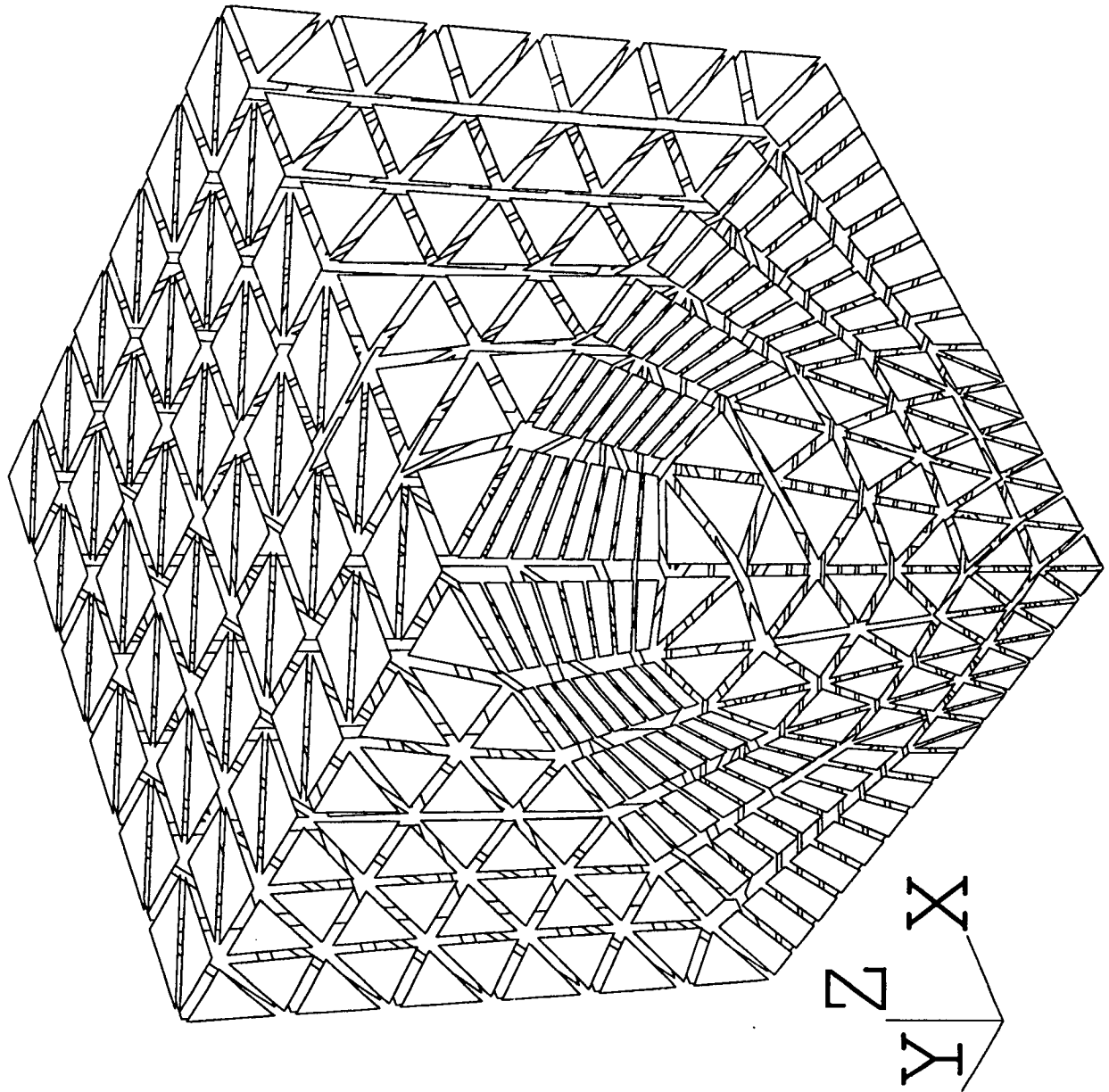
STOP
END
C ++++++
C SPCERC
C ++++++
SUBROUTINE SPCERC(R,A,B,Y,X)
RES = R*R - ( Y - B ) * ( Y - B )
X = A + SQRT( RES )
END
C ++++++
C SPELLI
C ++++++
SUBROUTINE SPELLI(A,B,Y,Z)
Z = SQRT( 1. - Y*Y / ( A*A ) )
END

```

MODULEF : george		
27/12/88		
test.nopo		
245 POINTS		
516 FACES		
144 VOLUMES		1 COMPOSANTE (S) O 1 COMPOSANTE (S) F
144 HEXAEDRES		
POINT MINIMAL :		POINT MAXIMAL :
0.15	-0.52	
POINT MAXIMAL :		OBSERVATEUR CARTESIEN :
0.60	0.52	
OBSERVATEUR CARTESIEN :		POINT REGARDE :
3.6	1.9	
POINT REGARDE :		OBSERVATEUR SPHERIQUE :
0.38	0.00	
OBSERVATEUR SPHERIQUE :		OUVERTURE :
30.	30.	
OUVERTURE :		PEAU SHRINKEE VUE
10.	4.4	



MODULEF : george
21/12/88
quartf.nopo
470 POINTS
1260 FACES
432 VOLUMES
432 PENTAEDRES
2 COMPOSANTE(S) O
2 COMPOSANTE(S) F
POINT MINIMAL :
3.0 0.00 0.00
POINT MAXIMAL :
6.5 3.1 2.8
OBSERVATEUR CARTESIEN :
17. 8.3 9.2
POINT REGARDE :
4.8 1.5 1.4
OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 16.
OUVERTURE :
10.
PEAU SHRINKEE VUE



MODULEF : george

26/12/88

aa_8.nopo

567	POINTS
3600	FACES
1584	VOLUMES
1296	TETRAEDRES
288	PENTAEDRES
1	COMPOSANTE(S) O
1	COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL	:
0.00	0.00
POINT MAXIMAL	:
1.0	1.0
1.0	1.0

OBSERVATEUR CARTESIEN	:
-2.3	-2.8
	3.0

POINT REGARDE	:
0.50	0.50
	0.50

OBSERVATEUR SPHERIQUE	:
0.23E+03	30.
	5.0
OUVERTURE	:
	10.

PEAU SHRINKEE VUE

3.2.

GEL3D1

Module de maillage tridimensionnel en topologie hexaédrique.

A. MARROCCO

Novembre 88

PLAN

- 1 - PRESENTATION DE LA METHODE

- 2 - DESCRIPTION DES DONNEES
 - 2.1. Définition de la géométrie
 - 2.2. Découpage des éléments
 - 2.3. Les numéros de sous-domaines et de référence
 - 2.3.1. Les sous-domaines
 - 2.3.2. Les références

- 3 - NUMEROTATION GLOBALE DES POINTS ET DES ELEMENTS

- 4 - APPEL DU MODULE GEL3D1

- 5 - EXEMPLES D'UTILISATION

1 - PRESENTATION DE LA METHODE

Le module GEL3D1 génère un maillage tridimensionnel à partir de données essentiellement bidimensionnelles; plus précisément à partir d'un maillage de type différences finies dans un plan (x,y) comprenant N1 points dans la direction x et N2 points dans la direction y, la donnée de NB couches dans la direction z permet de construire les éléments 3D correspondant (cf. Figure 1).

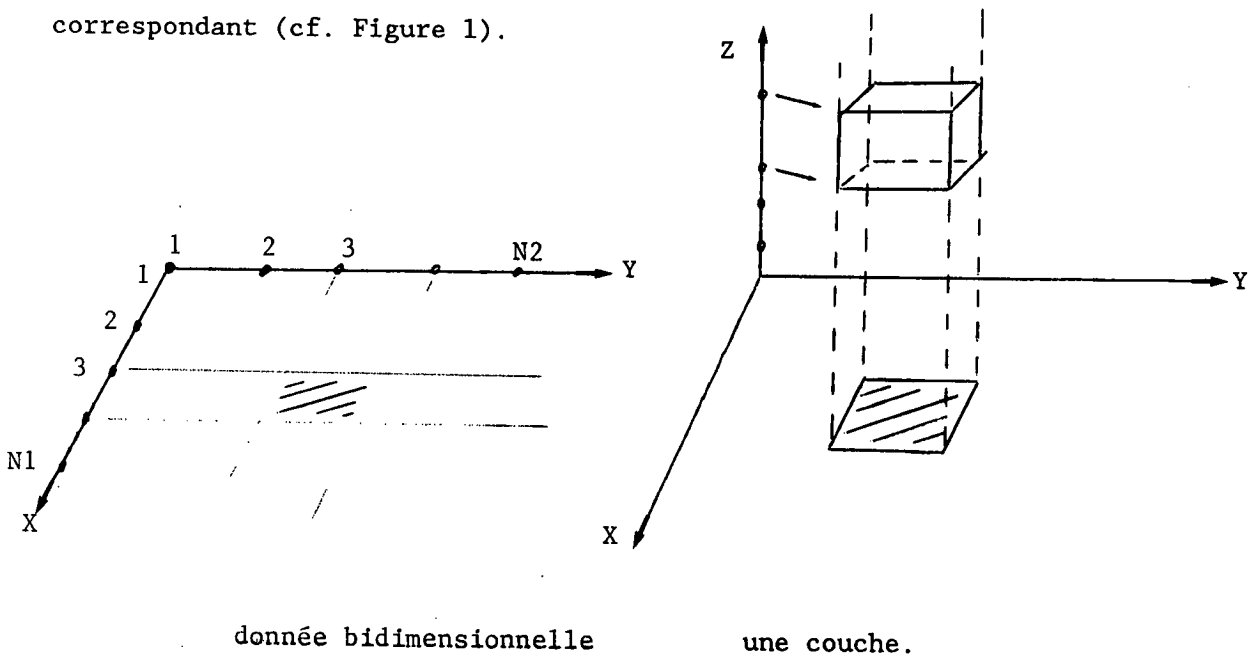


Figure 1

Du maillage 2D déduit des répartitions de points selon x et y on déduit les NB couches d'héxaèdres correspondant : il y a donc : $(N1-1) \times (N2-1) \times NB$ héxaèdres.

Chaque héxaèdre ainsi construit pourra être, au choix, découpé en 2 pentaèdres ou en 5 ou 6 tétraèdres.

La méthode s'applique donc au maillage d'objet de topologie (i.e. connection entre les sommets) héxaédrique. Sous cette hypothèse la souplesse de la méthode est due aux différentes possibilités offertes pour définir les données nécessaires.

2 - DESCRIPTION DES DONNEES

2.1. Définition de la géométrie

L'option IOPTM précise le choix retenu pour définir l'objet.

* IOPTM = 0

Soient X, Y et H trois réels (déclarés comme tableaux) représentant les pas dans les 3 directions x,y,z. Le point M peut être repéré par I,J et K ses indices dans l'espace (x,y,z) et on aura (Figure 2) :

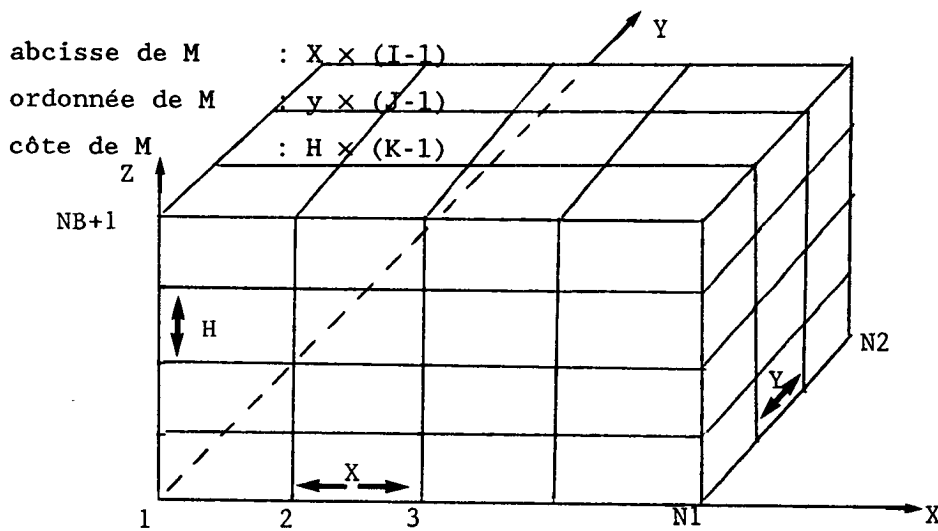


Figure 2 : Héxaèdre élémentaire

* IOPTM =1

Le maillage de type différences finies (dans le plan $z=0$) est du type pas variable. Le point (I,J) de ce maillage a pour coordonnées $X(I)$ $Y(J)$ où X et Y sont deux tableaux de dimension N1 et N2.

Soit H un paramètre réel, le point M(J,I,K) est défini par : (Figure 3).

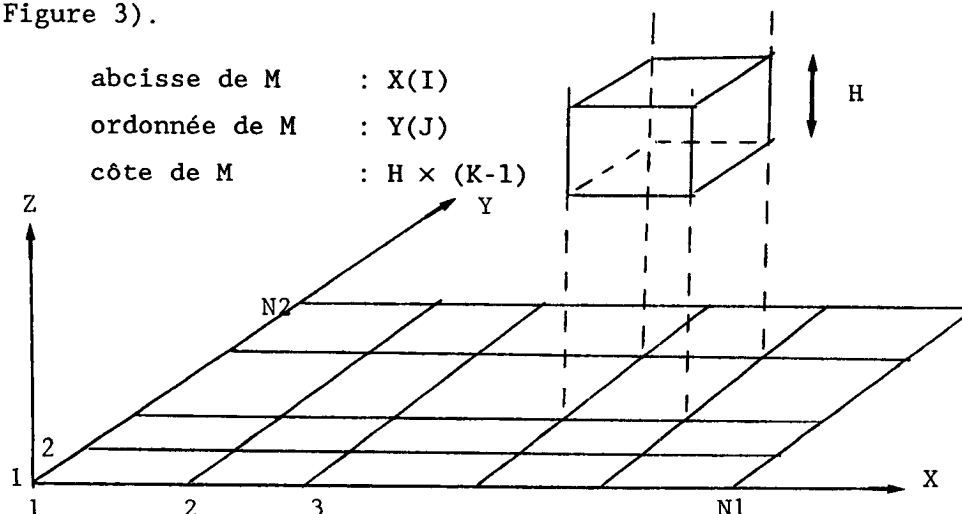


Figure 3

* IOPTM = 2

Les données sont comme celles du cas IOPTM = 1 mais cette fois, les couches générées peuvent être d'épaisseurs différentes : H est donc un tableau de longueur NB+1 contenant les côtes de différents niveaux.

Le point M repère par I,J,K ses indices est défini par (cf. Figure 4) :

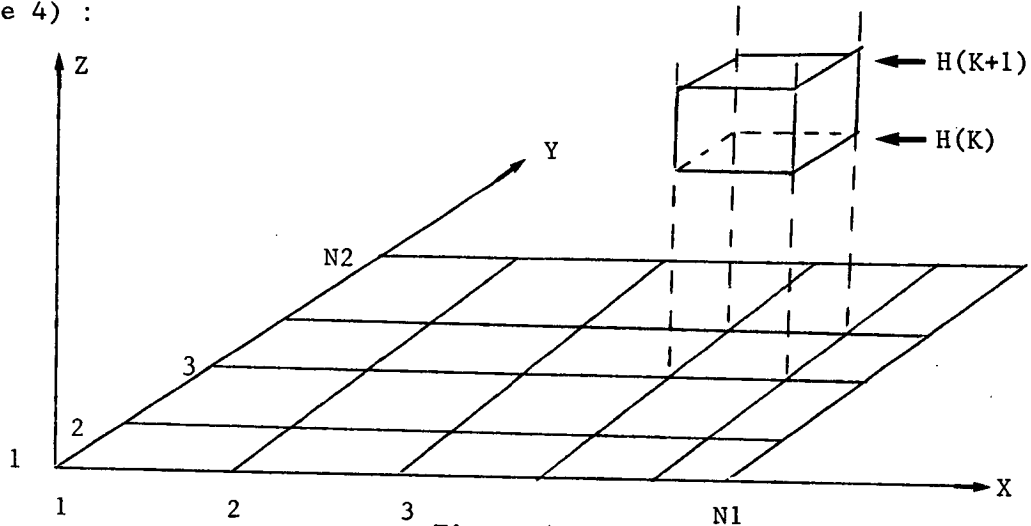


Figure 4

* IOPTM = 3

Le maillage du type différences finies (dans le plan $z=0$) est quelconque. Le point M d'indice I et J est donné par ses coordonnées contenues dans les tableaux X(I,J) et Y(I,J).

Le point M(I,J,K) sur la section K est défini à la côte $H^*(K-1)$ où H est un paramètre réel (cf. Figure 5).

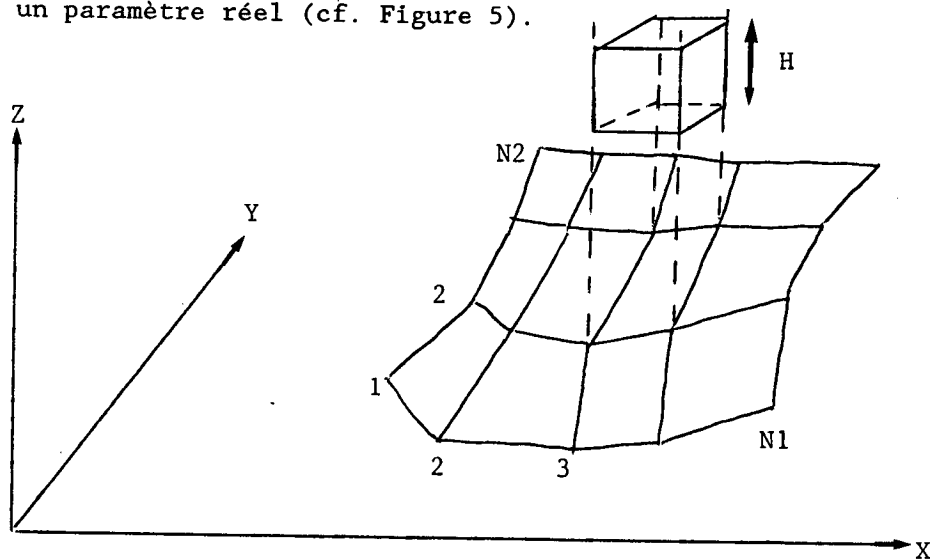


Figure 5

* IOPTM = 4

Les données sont celles du cas IOPTM = 3 mais, cette fois, les couches peuvent être d'épaisseurs quelconques : le tableau réel H(NB+1) contient les côtes des différentes sections. (cf. Figure 6)

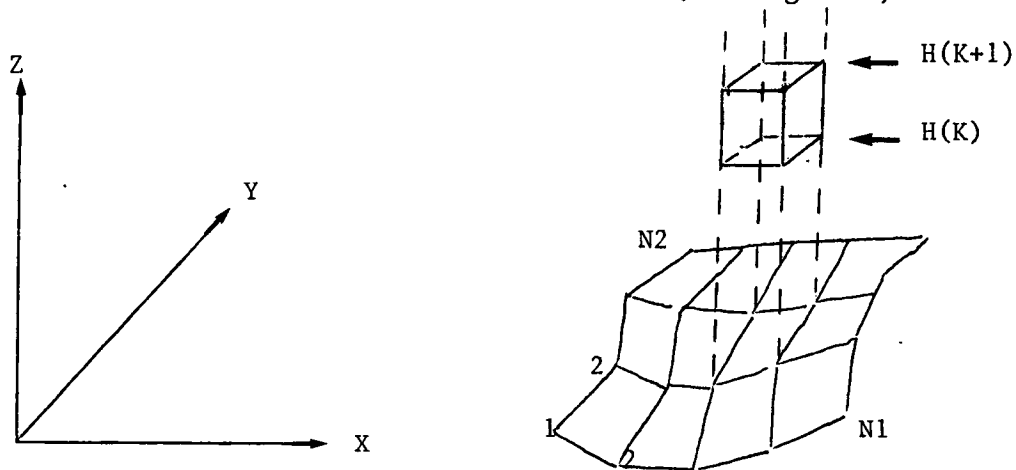


Figure 6

* IOPTM = 5

Les abscisses et les ordonnées dans le plan $z = 0$ (coordonnées que nous appellerons coordonnées de référence XR et YR) sont générées comme pour IOPTM = 0 ($X = \text{pas en } x$ et $Y = \text{pas en } y$). Ces coordonnées de référence sont ensuite transformées pour chaque niveau K ($K=1$ à $NB + 1$) par les trois fonctions externes E, F, G (à fournir par l'utilisateur) de telle façon que

abscisse $X = E(I, J, XR, YR, K)$

ordonnée $Y = F(I, J, XR, YR, K)$

côte $Z = G(I, J, XR, YR, K)$

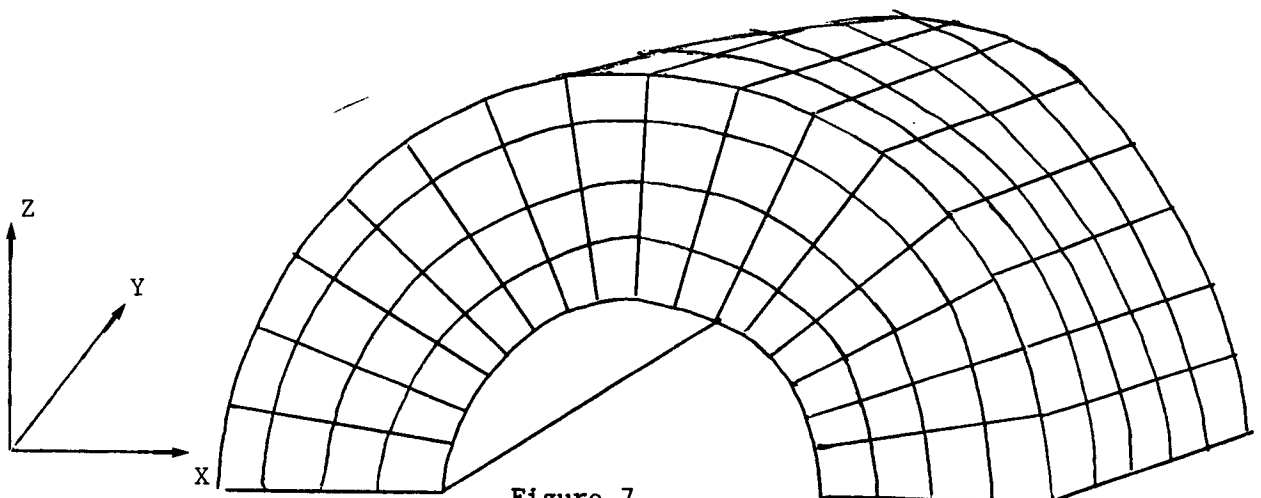


Figure 7

On veut par exemple 16 couches de tétraèdres dans une demi-couronne cylindrique..

On pose $TETA = \pi/16$.

On définit ensuite les trois fonctions E, F, G par :

$$E(I, J, X, Y, K) = X_0 + (X - X_0) * \cos[(K - 1) \times TETA]$$

$$F(I, J, X, Y, K) = Y$$

$$G(I, J, X, Y, K) = (X - X_0) * \sin[(K - 1) \times TETA]$$

* IOPTM = 6

Transformation par les fonctions E, F, G identique à IOPTM = 5 mais les coordonnées de référence sont sur un maillage de type pas variable. Il faut donc donner le tableau X de longueur N1, le tableau Y de longueur N2 et les trois fonctions E, F, G.

* IOPTM = 7

Les coordonnées des points de référence sont données par les tableaux X(N1, N2) et Y(N1, N2) (maillage de type différences finies quelconque). On effectue ensuite la transformation par les fonctions E, F, G comme pour IOPTM = 5 ou 6.

Remarquons que pour IOPTM = 5, 6 ou 7 le paramètre H dans la liste d'appel n'a pas de signification.

* IOPTM < 0

X, Y, H sont des tableaux à trois composantes ; l'utilisateur fournit toutes les coordonnées en remplissant les tableaux

X (N1, N2, NB+1)

Y (N1, N2, NB+1)

H (N1, N2, NB+1)

Aucune vérification n'est faite sur la distribution de ces points.

2.2. Découpage des éléments

Le paramètre NOPTDE permet de préciser le choix retenu dans le type d'élément à créer. La méthode génère formellement des hexaèdres, il est possible de découper ceux-ci de manière à obtenir des pentaèdres ou des tétraèdres.

* NOPTDE = 0

Pas de découpage : le résultat est donc composé des $(N1-1) \times (N2-1) \times NB$ hexaèdres construits.

* NOPTDE = 1

Chaque hexaèdre élémentaire est découpé en 2 pentaèdres suivant la direction de la "première" bissectrice du plan ($z = 0$) : le résultat sera donc composé de $2 (N1-1) \times (N2-1) \times NB$ pentaèdres

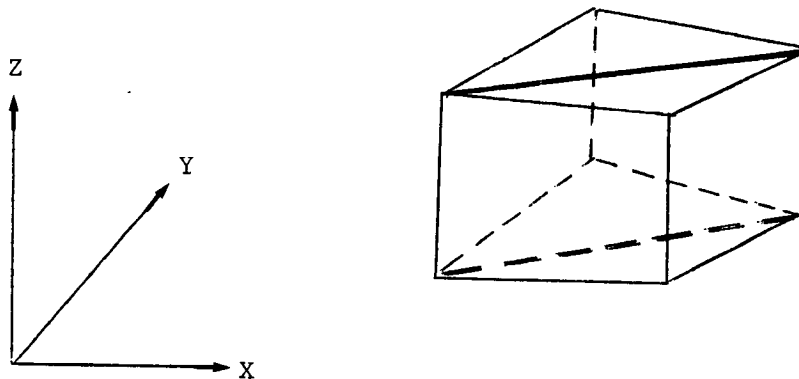


Figure 8

* NOPTDE = 2

Le choix est identique au précédent avec le choix de l'autre diagonale pour découper les hexaèdres élémentaires.

* NOPTDE = 3

Effectuant le découpage comme pour NOPTDE = 1 on découpe ensuite chaque pentaèdre en 3 tétraèdres de façon classique : le résultat sera composé de $6 \times (N1-1) \times (N2-1) \times NB$ tétraèdres.

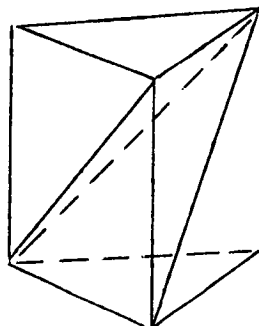


Figure 9

* NOPTDE = 4

Le choix est identique au précédent pour la découpe en pentaèdres de type NOPTDE = 2.

* NOPTDE = 5

Chaque héraèdre élémentaire est découpé en 5 tétraèdres : le résultat comprendra donc $5 \times (N1-1) \times (N2-1) \times NB$ tétraèdres

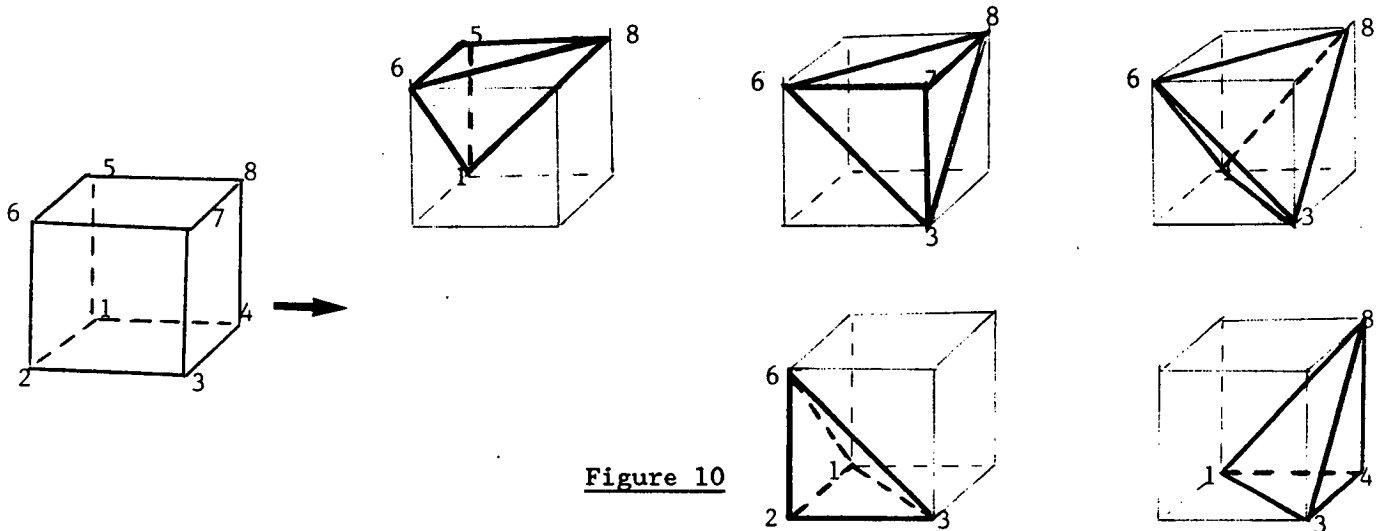


Figure 10

2.3. Les numéros sous-domaine et de références

2.3.1. Les sous-domaines

L'entier JOPTSD précise le choix retenu.

* JOPTSD < 0

Le numéro de sous-domaines de chaque élément généré est -JOPTSD. La valeur 0 est acceptée par le programme mais n'a pas de signification "MODULEF" (n° de sous-domaines >0).

* JOPTSD = 1

Le domaine est constitué de bandes identiques en matériaux. L'utilisateur fournit le tableau NUMAT (N1-1, N2-1), correspondant à la trace (quadrilatères) dans le plan xOy, tous les éléments correspondant à la montée de l'élément I,J auront pour numéro de sous-domaine la valeur NUMAT (I,J).

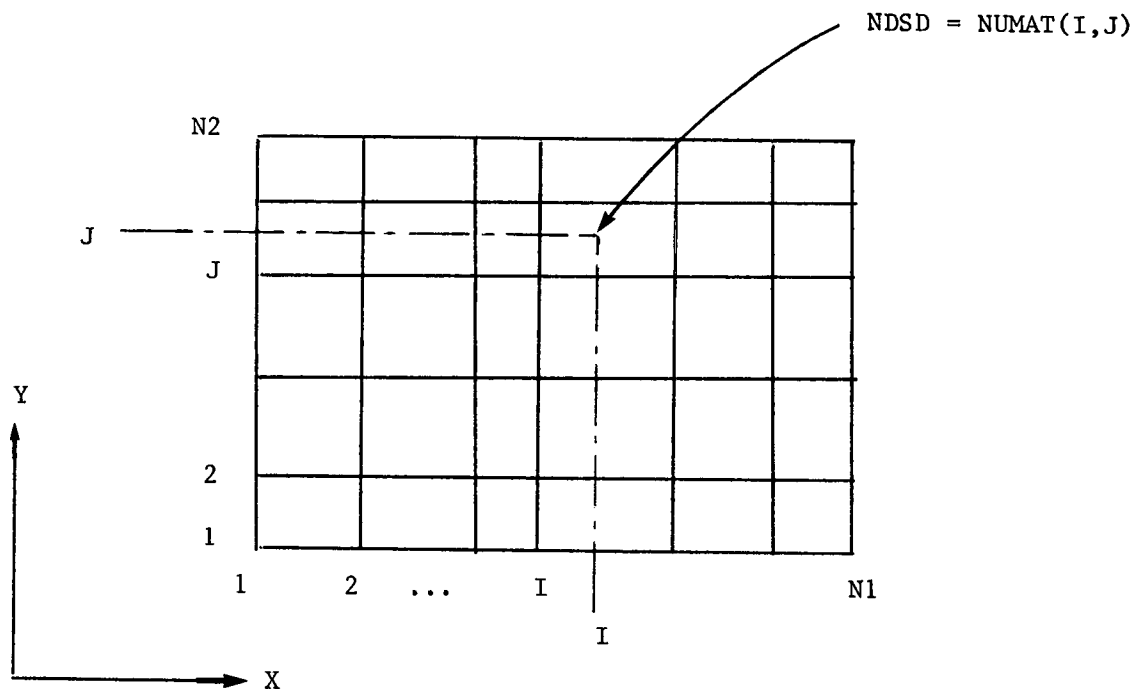


Figure 11

* JOPTSD = 2

Le découpage élémentaire en hexaèdres pour la numérotation des sous-domaines est le même que pour JOPTSD = 1.

On peut cette fois-ci avoir des bandes différentes. L'utilisateur indiquera le type de la bande K par l'intermédiaire du tableau ITYP (K) de longueur NB. Si NTYP est le nombre de types différents, le tableau NUMAT à fournir sera de la forme NUMAT ($N1-1, N2-1, NTYP$), c'est à dire pratiquement autant de tableaux NUMAT de l'option JOPTSD = 1, qu'il y a de types différents de couches; les éléments déduits de l'élément I, J auront pour numéro de sous-domaine la valeur NUMAT ($I, J, NTYP$) s'ils sont sur les couches telles que ITYP (K) = NTYP.

* JOPTSD = 3

Alors qu'avec JOPTSD = 1 ou 2 on numérotait au niveau du quadrilatère (ou hexaèdre), on pourra ici numéroté au niveau du triangle (ou du pentaèdre). Pour cette option les bandes sont identiques et donc il suffit de fournir le tableau NUMAT ($2 \times (N1-1), N2-1$).

2.3.2. Les références

Le domaine tridimensionnel est topologiquement équivalent à un hexaèdre, par suite le mailleur affectera à ses items frontaliers (points, arêtes et facettes) les numéros de référence de 1 à 26 qu'il sera toujours possible de modifier par la suite (cf Module MODNOP par exemple).

Les 8 sommets de l'hexaèdre "topologique" ont leur référence mise à 19, 20...26 selon le schéma suivant :

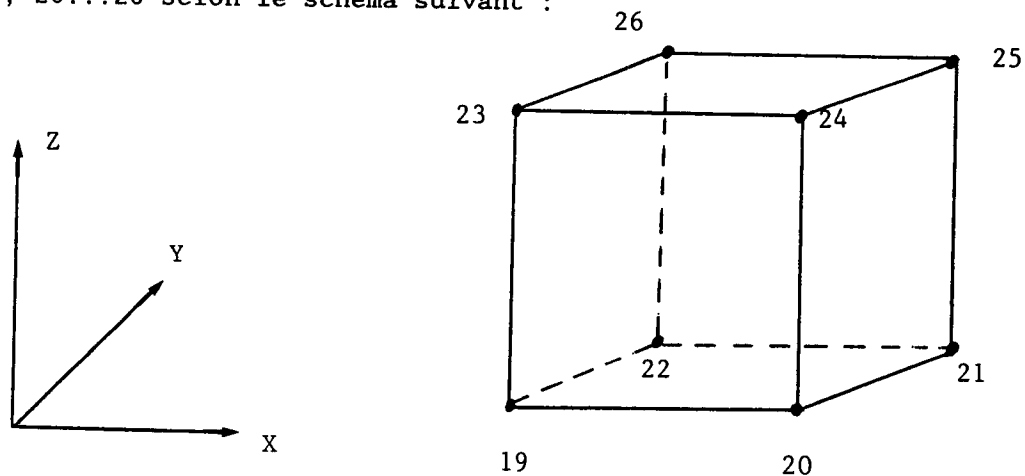


Figure 14

Les 12 arêtes de l'hexaèdre "topologique" ont leur référence mise à 7, 8, 9...18 selon le schéma suivant :

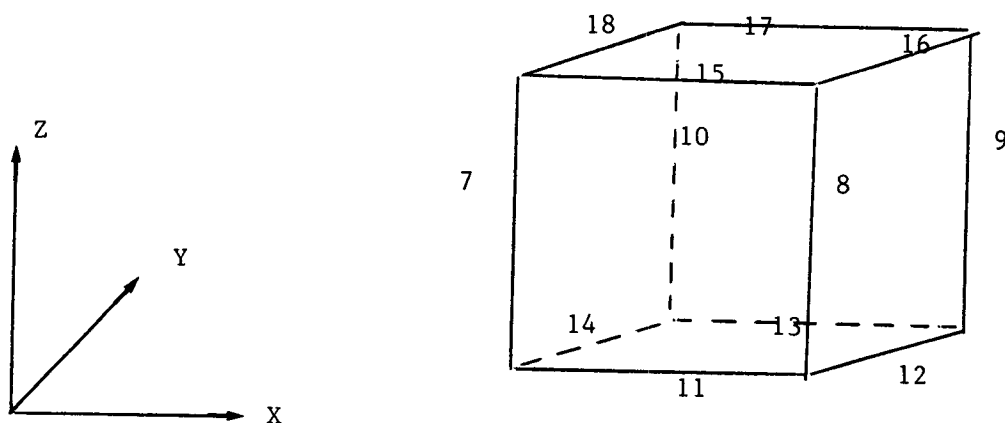


Figure 15

Les 6 faces de l'hexaèdre "topologique" auront les références 1 à 6 selon le schéma suivant :

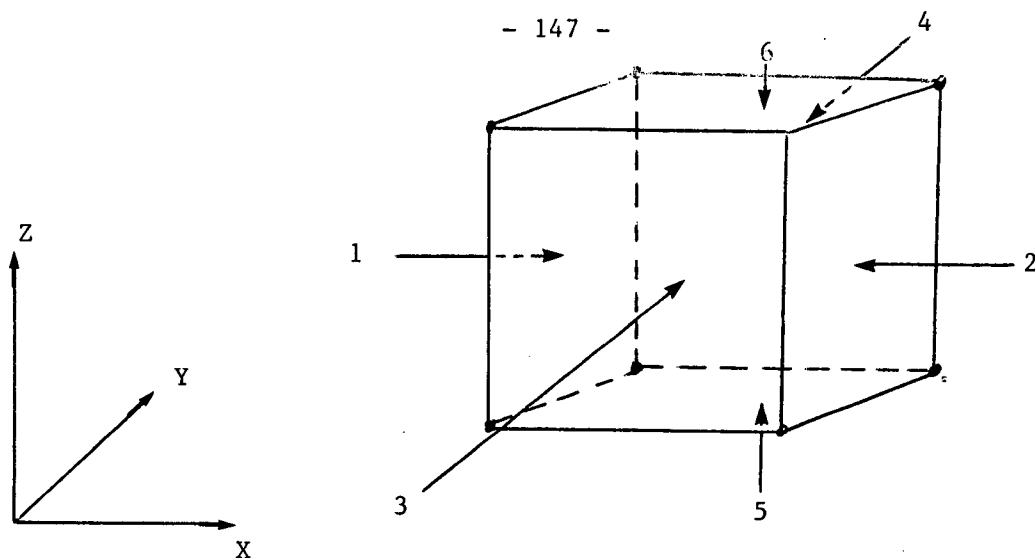


Figure 16

Ainsi tout item (points, arêtes ou faces) confondu ou inclu dans l'un de ces items de l'hexaèdre topologique prendra pour numéro la référence de celui-ci (cf. Figure 17).

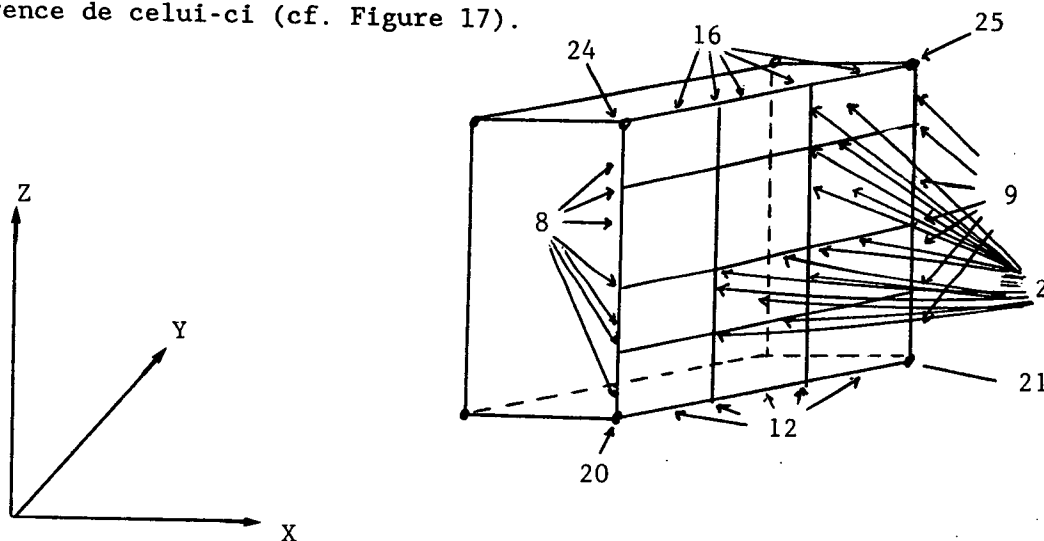


Figure 17

3 - NUMEROTATION GLOBALE DES POINTS ET DES ELEMENTS

La numérotation "globale" des points et des éléments est faite de la façon suivante :

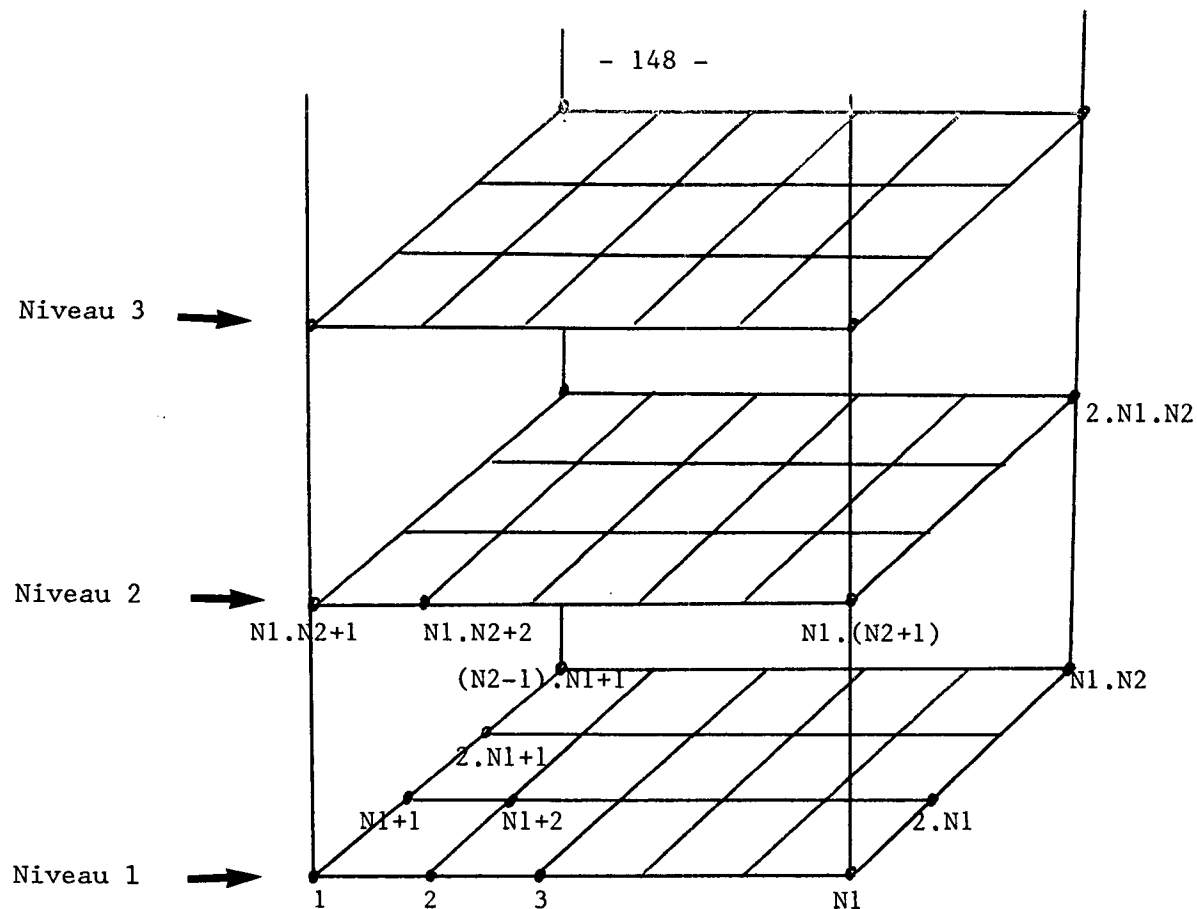


Figure 18

Les éléments sont numérotés de façon analogue par couche.

Remarque :

Si le nombre de bandes (ou couches) NB est plus grand que N1 et N2, nombre de points dans les directions x et y alors cette numérotation est très bonne du point de vue "réduction de largeur de bande de la matrice".

4 - APPEL DU MODULE GEL3D1

Le programme d'appel doit comprendre les instructions suivantes :

- * déclaration du tableau de travail M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux nécessaires H, X, Y, NUMAT, ITYP
- * déclaration des external E, F et G

* initialisation du travail (cf [1])

CALL INITIS (M, LM, IMPRE, NNM)

* appel de module

CALL GEL3D1 (M, IOPTM, JOPTSD, NOPTDE, N1, N2, NB, X, Y, H, E, F, G,
NUMAT, ITYP, NFNPO, NINOPO, NFAUX)

avec :

M : le super tableau
IOPTM : l'option de description des données (cf. 2.1)
JOPTSD : l'option de numérotation des sous-domaines (cf. 2.3.1)
NOPTDE : l'option de découpage (cf. 2.2)
N1 : le nombre de points dans la direction x
N2 : le nombre de points dans la direction y
NB : le nombre de couches (nombre de points -1 dans la direction z)
X, Y et H : tableaux à 1, 2 ou 3 indices selon l'option IOPTM. Ils peuvent être réduit à un seul élément
E, F et G : les noms de trois fonctions externes à fournir selon la valeur de IOPTM ; elles ont la forme :
E (I, J, XR, YR, K)
F (I, J, XR, YR, K)
G (I, J, XR, YR, K)
où XR et YR sont les coordonnées du point de départ du maillage bidimensionnel et K l'indice de section
NUMAT : tableau à 2 ou 3 indices permettant l'affectation des numéros de sous-domaines (selon la valeur de JOPTSD)
ITYP : tableau de longueur NB déterminant le type de la couche I, ce tableau est lié à NUMAT (cf. 2.3)
NF(NI)NOPO : la S.D.S.NOPO (son fichier et son niveau)
NFAUX : le numéro d'un fichier auxiliaire si NFNPO est nul (remarque : dans ce cas le maillage ne sera pas organisé comme une structure de donnée NOPO)

5 - EXEMPLES D'UTILISATION

Nous donnons ci-dessous 3 exemples en fournissant :

- 1) le listing du programme d'appel
- 2) le listing de l'exécution (IMPRE = 5)
- 3) le dessin du maillage résultat

```

C ++++++
C EXEMPLE 1 : MODULE GEL3D1
C ----- ( DOMAINE PARALLELEPIEDIQUE ==> TETRAEDRES )
C ++++++
C   PARAMETER ( LM = 18000 )
C     COMMON M(LM)
C     REAL      H(1)
C     INTEGER NUMAT(1), ITYP(1)
C     EXTERNAL E,F,G
C
C     IMPRE = 5
C     CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LE FICHIER NOPO RESULTAT :
C     NFNPO = 10
C     NINOPO = 0
C     CALL OUVRIIR(NFNPO,'GEL1.NOPO','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- LA GEOMETRIE :
C     N1 = 8
C     N2 = 7
C     NB = 4
C     H(1) = .4
C     IOPTM = 0
C     NOPTDE = 5
C   ----- LES NUMEROS :
C     JOPTSD = -1
C
C     NFAUX = 0
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C     CALL GEL3D1(M,IOPTM,JOPTSD,NOPTDE,N1,N2,NB,H,H,H,E,F,G,NUMAT,ITYP,
+       NFNPO,NINOPO,NFAUX)
C     END

```

M	M	OOO	DDDD	U	U	L	EEEE	FFFF	
MM	MM	O	O	D	D	U	U	L	E
M	M	M	O	O	D	D	U	U	L
M	M	O	O	D	D	U	U	L	E
M	M	OOO	DDDD	UUU	LLLLL	EEEE	F		VERSION 89

DATE : 14/10/88

AUTEUR : george

++ OPEN(10,FILE='gell.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

MODULE GEL3D1 :

GENERATION DE 840 TETRAEDRES ET DE 280 NOEUDS

LONGUEUR DE M (MAJORATION) POUR GENERER NOPO : 17238

NOMBRE DE POINTS EN X	(NX) :	8
NOMBRE DE POINTS EN Y	(NY) :	7
NOMBRE DE BANDES	(NB) :	4
OPTION DE GENERATION	(IOPT) :	0
OPTION DE NUMEROTATION DES S.D.	(JOPT) :	-1
OPTION DE SUBDIVISION	(NOPT) :	5

PAS SELON X (X(1)) : 0.4000E+00

PAS SELON Y (Y(1)) : 0.4000E+00

PAS SELON Z (H(1)) : 0.4000E+00

LONGUEUR CALCULEE DE M POUR LA S.D. NOPO 14726

FIN DE LA GENERATION DE NOPO SUR LE FICHIER : 10

TABLEAU N O P 2

----- CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE	(NDIM) :	3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	26
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSD) :	1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOPNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	840
NOMBRE DE TETRAEDRES	(NTET) :	840
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	640
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	280
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	64
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	13808
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1

FIN DU MODULE GEL3D1

MODULE : george

14/10/88

gell.nopo

280 POINTS

1868 FACES

840 VOLUMES

840 TETRAEDRES

1 COMPOSANTE (S) O

1 COMPOSANTE (S) F

POINT MINIMAL ::

0.00	0.00	0.00
------	------	------

POINT MAXIMAL : :

2.8 2.4 1.6

OBSERVATEUR CARTESIEN :

10. 6.2 6.6

POINT REGARDER : :

1.4 1.2 0.80

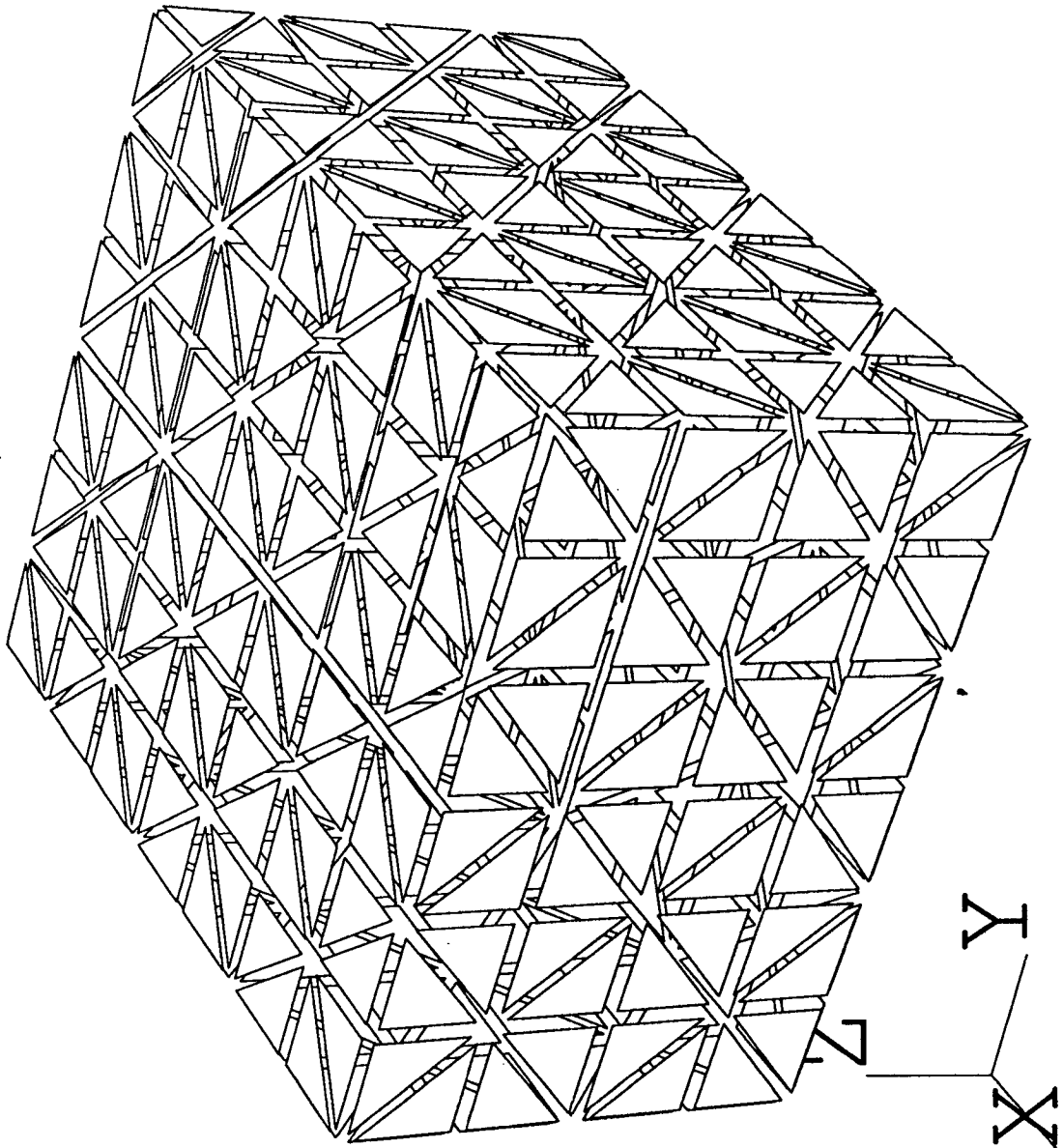
OBSERVATEUR SPHERIQUE :

30. 30. 12.

OUVERTURE :

10.

PEAU SHRINKEE VUE



```

C ++++++
C EXEMPLE 2 : MODULE GEL3D1
C ----- ( DOMAINE PARALLELIPEDIQUE ==> HEXAEDRES )
C          ( BANDES DE HAUTEUR DIFFERENTE , PLUSIEURS MILIEUX )
C ++++++
C   PARAMETER ( LM = 18000 )
C   COMMON M(LM)
C   REAL      X(7),Y(7),H(6)
C   INTEGER NUMAT(6,6,2),ITYP(5)
C   EXTERNAL E,F,G
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LE FICHIER NOPO RESULTAT :
C   NFNPO = 10
C   NINOPO = 0
C   CALL OUVIR(NFNPO,'GEL2.NOPO','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- LA GEOMETRIE :
C   N1 = 7
C       X(1) = 0.
C       X(2) = 1.
C       X(3) = 1.5
C       X(4) = 2.
C       X(5) = 3.5
C       X(6) = 5.5
C       X(7) = 7.5
C   N2 = 7
C       Y(1) = 0.
C       Y(2) = 1.
C       Y(3) = 1.5
C       Y(4) = 2.
C       Y(5) = 3.
C       Y(6) = 4.
C       Y(7) = 5.
C   NB = 5
C       H(1) = 0.
C       H(2) = 1.
C       H(3) = 1.5
C       H(4) = 2.
C       H(5) = 3.
C       H(6) = 4.
C   IOPTM = 2
C   NOPTDE = 0
C   ----- LES NUMEROS :
C   JOPTSD = 2
C   ----- LES TYPES DE COUCHES :
C   DO 1 I=1,5
C       ITYP(I) = 1
C 1 CONTINUE
C   ITYP(2) = 2
C   ITYP(3) = 2
C   ----- LES SOUS-DOMAINES :
C   DO 2 I=1,6
C       DO 2 J=1,6
C           DO 2 K=1,2
C               NUMAT(I,J,K) = 1
C 2 CONTINUE
C   NUMAT(4,4,1) = 2
C   NUMAT(4,4,2) = 3
C
C   NFAUX = 0
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   CALL GEL3D1(M,IOPTM,JOPTSD,NOPTDE,N1,N2,NB,X,Y,H,E,F,G,NUMAT,ITYP,
C   +          NFNPO,NINOPO,NFAUX)
C   END

```

B\$ test.gel2

M	M	OOO	DDDD	U	U	L	EEEE	FFFF	
MM	MM	O O	D D	U U	U U	L	E	F	
M M M	O O	D D	U U	U U	L	EEEE	FFFF		
M M	O O	D D	U U	U U	L	E	F		
M M	OOO	DDDD	UUU	LLLLL	EEEE	F			VERSION 89

DATE : 14/10/88

AUTEUR : george

++ OPEN(10,FILE='gel2.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

MODULE GEL3D1 :

#####

GENERATION DE 180 HEXAEDRES ET DE 294 NOEUDS

LONGUEUR DE M (MAJORATION) POUR GENERER NOPO : 6684

NOMBRE DE POINTS EN X	(NX) :	7
NOMBRE DE POINTS EN Y	(NY) :	7
NOMBRE DE BANDES	(NB) :	5
OPTION DE GENERATION	(IOPT) :	2
OPTION DE NUMEROTATION DES S.D.	(JOPT) :	2
OPTION DE SUBDIVISION	(NOPT) :	0

ABSCISSES DES POINTS (X(*)) :

0.0000E+00 0.1000E+01 0.1500E+01 0.2000E+01 0.3500E+01 0.5500E+01
0.7500E+01

ORDONNEES DES POINTS (Y(*)) :

0.0000E+00 0.1000E+01 0.1500E+01 0.2000E+01 0.3000E+01 0.4000E+01
0.5000E+01

COTES DES POINTS (H(*)) :

0.0000E+00 0.1000E+01 0.1500E+01 0.2000E+01 0.3000E+01 0.4000E+01

TYPE DES BANDES :

1 2 2 1 1

TABLEAU NUMAT DE TYPE 1 :

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

TABLEAU NUMAT DE TYPE 2 :

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	3	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

LONGUEUR CALCULEE DE M POUR LA S.D. NOPO 6684

FIN DE LA GENERATION DE NOPO SUR LE FICHIER : 10

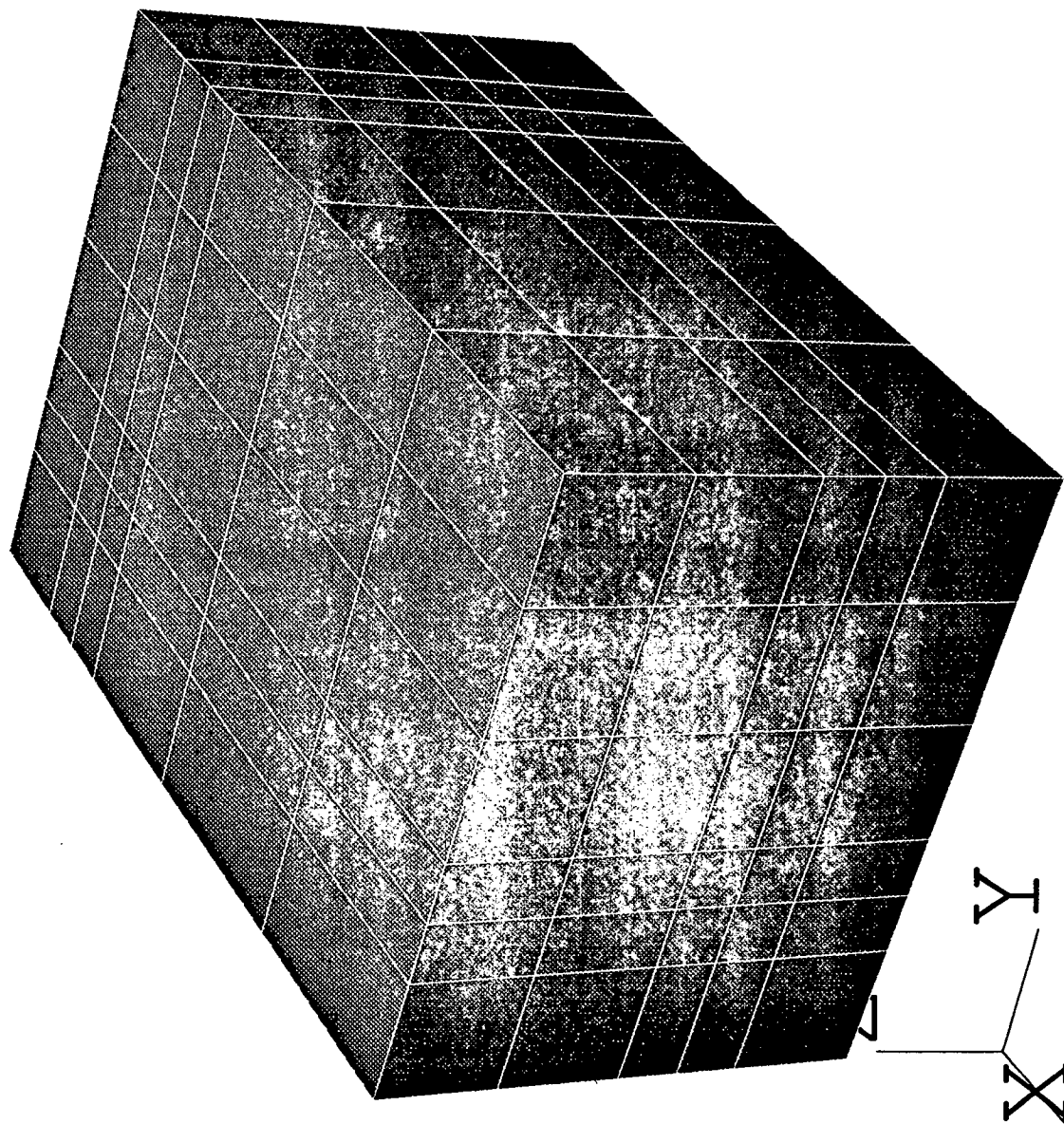
TABLEAU N O P 2

CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE	(NDIM) :	3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	26

NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSD) :	3
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOPNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	180
NOMBRE DE HEXAEDRES	(NHEX) :	180
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	132
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	294
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REEL1MOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	57
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	5724
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1
#####		
FIN DU MODULE GEL3D1		
#####		

B



MODULEF : george

14/10/88

gel2.nopo

294 POINTS
636 FACES
180 VOLUMES
180 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE (S) O
1 COMPOSANTE (S) F

POINT MINIMAL :
0.00 0.00 0.00
POINT MAXIMAL :
7.5 5.0 4.0

OBSERVATEUR CARTESIEN :
25. 15. 16.
POINT REGARDE :
3.8 2.5 2.0

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 28.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE

```

C ++++++
C EXEMPLE 3 : MODULE GEL3D1
C ----- ( DOMAINE PARALLELEPIEDIQUE ==> PENTAEDRES )
C          ( UTILISATION DES 3 FONCTIONS E F ET H )
C ++++++
C   PARAMETER ( LM = 30000 )
C   COMMON M(LM)
C   COMMON /CENTR/XC,YC,ANG
C   REAL    X(8,5),Y(8,5),H(1)
C   INTEGER NUMAT(14,4),ITYP(1)
C   EXTERNAL E,F,G
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LE FICHIER NOPO RESULTAT :
C   NFNPO = 10
C   NINOPO = 0
C   CALL OUVIR(NFNPO,'GEL3.NOPO','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- LA GEOMETRIE :
C   XC = -7.
C   YC = 0.
C   XPI = 3.141592654
C   ANG = XPI / 20.
C
C   N1 = 8
C   N2 = 5
C   XH1 = 2.
C   XH2 = 1.
C   DO 1 I=1,8
C     X(I,1) = ( I - 1 ) * XH1
C     X(I,5) = ( I - 1 ) * XH2 + 3.5
C     X(I,2) = .25 * ( 3.* X(I,1) + X(I,5) )
C     X(I,3) = .50 * ( X(I,1) + X(I,5) )
C     X(I,4) = .25 * ( X(I,1) + 3.*X(I,5) )
C     Y(I,1) = 0.
C     Y(I,2) = 1.5
C     Y(I,3) = 3.
C     Y(I,4) = 4.5
C     Y(I,5) = 6.
C   1 CONTINUE
C   NB = 20
C   IOPTM = 7
C   NOPTDE = 1
C   ----- LES NUMEROS :
C   JOPTSD = 3
C   ----- LES SOUS-DOMAINES :
C   DO 2 I=1,14
C     DO 2 J=1,4
C       NUMAT(I,J) = 1
C   2 CONTINUE
C   NUMAT(5,2) = 2
C   NUMAT(5,3) = 2
C   NUMAT(6,3) = 2
C   NUMAT(7,3) = 2
C
C   NFAUX = 0
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   CALL GEL3D1(M,IOPTM,JOPTSD,NOPTDE,N1,N2,NB,X,Y,H,E,F,G,NUMAT,ITYP,
C   +          NFNPO,NINOPO,NFAUX)
C   END
C
C ++++++
C LES TROIS FONCTIONS E F ET G
C ++++++
C   FUNCTION E(I,J,X,Y,K)
C   COMMON /CENTR/ XC,YC,ANG
C   E = XC + ( X - XC ) * COS( ( K - 1 ) * ANG )
C   END
C   FUNCTION F(I,J,X,Y,K)
C   COMMON /CENTR/ XC,YC,ANG
C   F = Y
C   END
C   FUNCTION G(I,J,X,Y,K)
C   COMMON /CENTR/ XC,YC,ANG
C   G = ( X - XC ) * SIN( ( K - 1 ) * ANG )
C   END

```

B\$ test.gel3

```

M   M   OOO   DDDD   U   U   L       EEEEE   FFFFF
MM MM   O   O   D   D   U   U   L       E       F
M M M   O   O   D   D   U   U   L       EEEE   FFFF
M   M   O   O   D   D   U   U   L       E       F
M   M   OOO   DDDD   UUU   LLLLL   EEEEE   F       VERSION 89

```

DATE : 14/10/88

AUTEUR : george

++ OPEN(10,FILE='gel3.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

MODULE GEL3D1 :

GENERATION DE 1120 PENTAEDRES ET DE 840 NOEUDS

LONGUEUR DE M (MAJORATION) POUR GENERER NOPO : 29758

```

NOMBRE DE POINTS EN X      (NX) :      8
NOMBRE DE POINTS EN Y      (NY) :      5
NOMBRE DE BANDES           (NB) :     20
OPTION DE GENERATION        (IOPT) :      7
OPTION DE NUMEROTATION DES S.D. (JOPT) :      3
OPTION DE SUBDIVISION       (NOPT) :      1

```

COORDONNEES INITIALES FOURNIES : X Y DE I,J

1 1 :	0.0000E+00	0.0000E+00	2 1 :	0.2000E+01	0.0000E+00
3 1 :	0.4000E+01	0.0000E+00	4 1 :	0.6000E+01	0.0000E+00
5 1 :	0.8000E+01	0.0000E+00	6 1 :	0.1000E+02	0.0000E+00
7 1 :	0.1200E+02	0.0000E+00	8 1 :	0.1400E+02	0.0000E+00
1 2 :	0.8750E+00	0.1500E+01	2 2 :	0.2625E+01	0.1500E+01
3 2 :	0.4375E+01	0.1500E+01	4 2 :	0.6125E+01	0.1500E+01
5 2 :	0.7875E+01	0.1500E+01	6 2 :	0.9625E+01	0.1500E+01
7 2 :	0.1138E+02	0.1500E+01	8 2 :	0.1313E+02	0.1500E+01
1 3 :	0.1750E+01	0.3000E+01	2 3 :	0.3250E+01	0.3000E+01
3 3 :	0.4750E+01	0.3000E+01	4 3 :	0.6250E+01	0.3000E+01
5 3 :	0.7750E+01	0.3000E+01	6 3 :	0.9250E+01	0.3000E+01
7 3 :	0.1075E+02	0.3000E+01	8 3 :	0.1225E+02	0.3000E+01
1 4 :	0.2625E+01	0.4500E+01	2 4 :	0.3875E+01	0.4500E+01
3 4 :	0.5125E+01	0.4500E+01	4 4 :	0.6375E+01	0.4500E+01
5 4 :	0.7625E+01	0.4500E+01	6 4 :	0.8875E+01	0.4500E+01
7 4 :	0.1013E+02	0.4500E+01	8 4 :	0.1138E+02	0.4500E+01
1 5 :	0.3500E+01	0.6000E+01	2 5 :	0.4500E+01	0.6000E+01
3 5 :	0.5500E+01	0.6000E+01	4 5 :	0.6500E+01	0.6000E+01
5 5 :	0.7500E+01	0.6000E+01	6 5 :	0.8500E+01	0.6000E+01
7 5 :	0.9500E+01	0.6000E+01	8 5 :	0.1050E+02	0.6000E+01

TABEAU NUMAT DE TYPE 1 :

```

1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
1 1 2 2 1 1 1
1 1 2 1 1 1 1
1 1 2 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1

```

LONGUEUR CALCULEE DE M POUR LA S.D. NOPO 28318

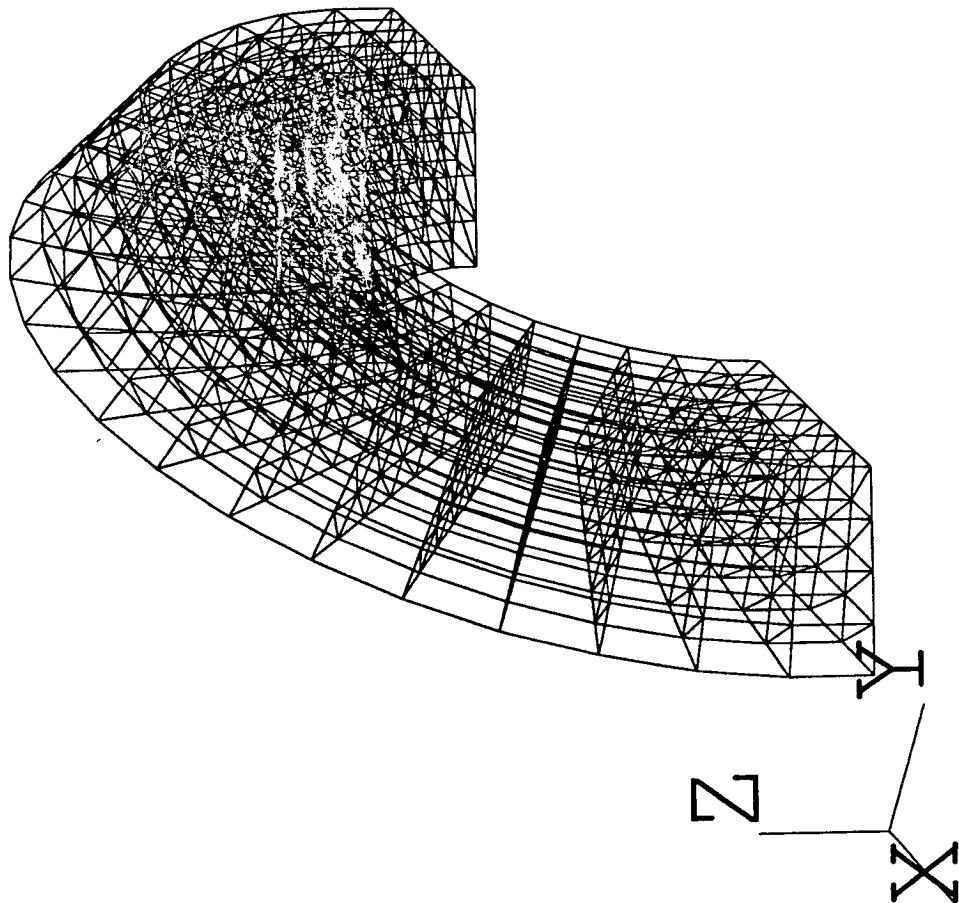
FIN DE LA GENERATION DE NOPO SUR LE FICHIER : 10

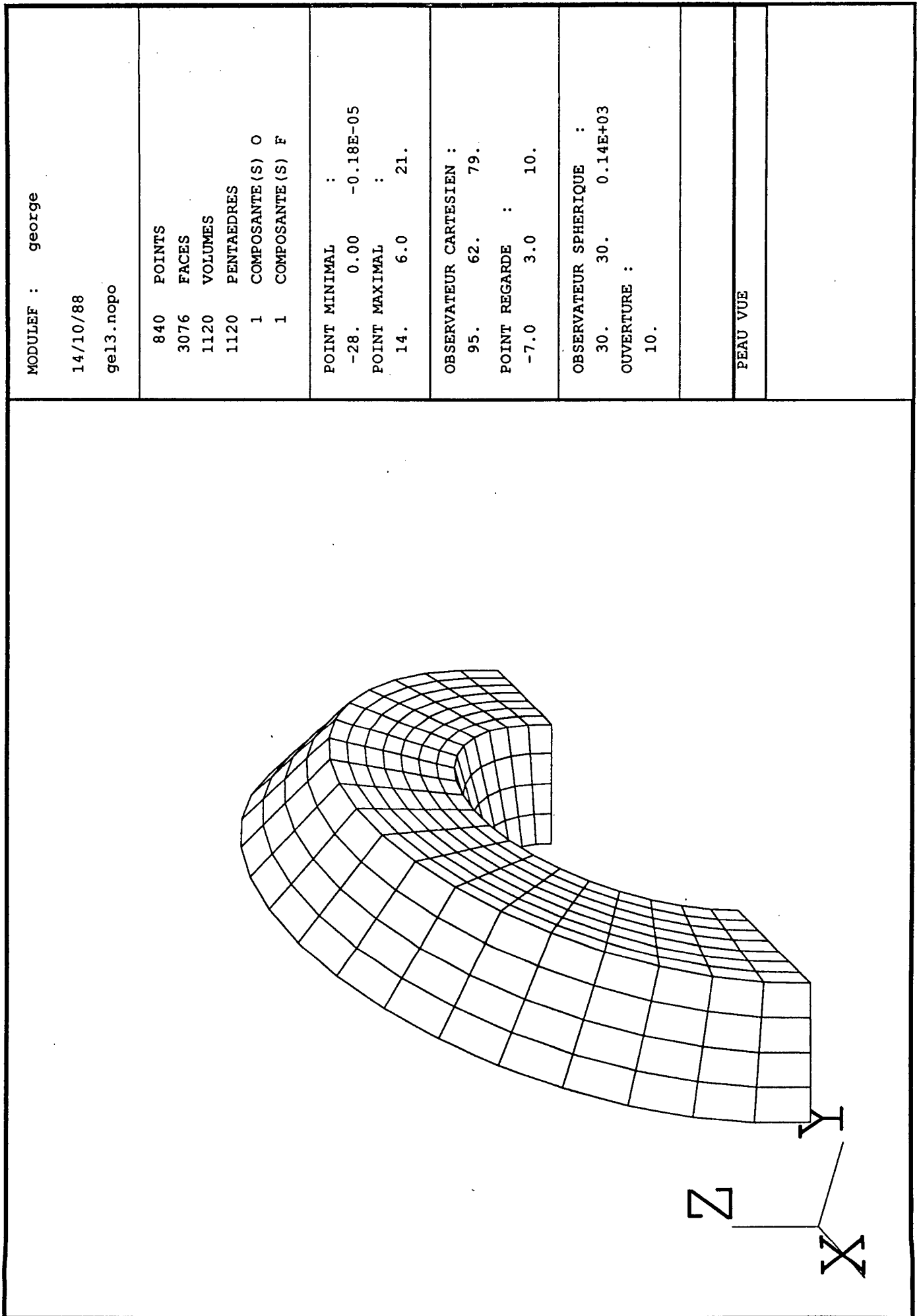
TABEAU N O P 2

CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE (NDIM) : 3

NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	26
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSO) :	2
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOPNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	1120
NOMBRE DE PENTAEDRES	(NPENT) :	1120
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	760
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	840
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REEL1MOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	49
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	25720
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1
#####		
FIN DU MODULE GEL3D1		
#####		

MODULEF : george		
14/10/88		
gel3.nopo		
840	POINTS	
3076	FACES	
1120	VOLUMES	
1120	PENTAEDRES	
1	COMPOSANTE(S) O	POINT MINIMAL : -28. 0.00 -0.18E-05 POINT MAXIMAL : 14. 6.0 21.
1	COMPOSANTE(S) F	
		OBSERVATEUR CARTESIEN : 95. 62. 79. POINT REGARDE : -7.0 3.0 10.
		OBSERVATEUR SPHERIQUE : 30. 30. 0.14E+03 OUVERTURE : 10.
		TOUS LES ELEMENTS



MODULEF : george

14/10/88

gel3.nopo

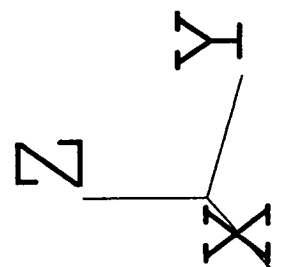
840 POINTS
3076 FACES
1120 VOLUMES
1120 PENTAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL :
-28. 0.00 -0.18E-05
POINT MAXIMAL :
14. 6.0 21.

OBSERVATEUR CARTESIEN :
95. 62. 79.
POINT REGARDE :
-7.0 3.0 10.

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 0.14E+03
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE



MODULEF : george	
14/10/88	
gel3.nopo	
840 POINTS	
3076 FACES	
1120 VOLUMES	
1120 PENTAEDRES	
1 COMPOSANTE (S) O	
1 COMPOSANTE (S) F	
POINT MINIMAL :	
-28. 0.00	-0.18E-05
POINT MAXIMAL :	
14. 6.0	21.
OBSERVATEUR CARTESIEN :	
0.11E+03 59.	68.
POINT REGARDE :	
4.6 0.17	-0.59
OBSERVATEUR SPHERIQUE :	
30. 30.	0.14E+03
OUVERTURE :	
3.4	
PEAU VUE REFERENCE (TOUT)	

3.3

**Maillage tridimensionnel
à partir d'un maillage bidimensionnel**

PLAN

1 - GENERALITES

1.1. But

1.2. Remarque

2 - UTILISATION DU MODULE MA2D3D

2.1. Conception du maillage 3D à partir du maillage 2D

2.1.1. Définition des coordonnées 3D

2.1.2. Transmission des numéros de S.D. et de référence

2.1.2.1. Numéro de sous-domaine

2.1.2.2. Numéro de référence

2.2. Appel "batch" du module MA2D3D

2.3. Exemples d'utilisation "batch" de MA2D3D

2.4. Utilisation "conversationnelle" de MA2D3D

MA2D3D

S.D.E. NOPO (2D)

S.D.S. NOPO (3D)

1 - GENERALITES

1.1. But

Le mailleur MA2D3D génère un maillage tridimensionnel (S.D.S. NOPO) à partir de la donnée d'un maillage bidimensionnel (S.D.E. NOPO) duquel seront déduites des surfaces de topologie identique. A partir de ces surfaces sont construits des éléments 3D couche par couche (cf. Figure 0.1).

Les éléments volumiques sont déduits des éléments du maillage 2D de manière naturelle : un segment produit des quadrangles dans l'espace, un triangle produit des pentaèdres...

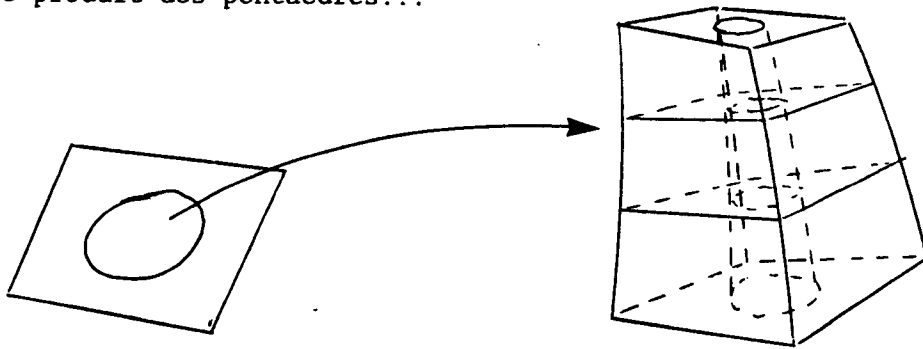


Figure 0.1

1.2. Remarque

Le module MA2D3E remplacera ce module dans la version 1990 du code Modulef. En 1989 il existe déjà en tant que nouveau module offrant de plus larges possibilités.

De fait le module MA2D3D se contente d'appeler ce nouveau programme.

2 - UTILISATION DU MODULE MA2D3D

Il existe 3 façons d'utiliser le module MA2D3D :

- i) en "batch" par écriture du programme d'appel voulu.
- ii) en "conversationnel" par appel du préprocesseur MA23XX.
- iii) en "conversationnel" par utilisation du mot clé 'MA23' du préprocesseur APN3XX.

2.1. Conception du maillage 3D à partir du maillage 2D

Avant de décrire les arguments d'entrées du programme, nous allons décrire la méthodologie employée pour les différentes constructions utiles.

2.1.1. Définition des coordonnées 3D

Soit NBSEC le nombre de sections de l'objet 3D, les paramètres IZSUP et IDECV précisent la façon dont seront calculées les coordonnées (X, Y, Z) des points 3D en fonction des celles des points 2D (X, Y) du maillage générique.

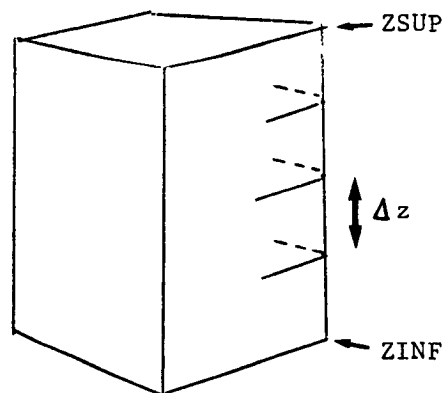
* IZSUP = 0

L'abscisse et l'ordonnée des points de toutes les sections sont celles des points génériques du maillage 2D.

* IDECV = 0

Les points de la section supérieure sont à la côte ZSUP donnée. Ceux de la base sont à la côte ZINF donnée.

La côte des points des sections intermédiaires est interpolée linéairement entre ces 2 valeurs de manière équidistante. (cf. Figure 0.2).



X = x , Y = y , Z voir figure

Figure 0.2 IZSUP = 0 IDECV = 0

* IDECV = 1

Le tableau ZINT (1 : NBSEC) contient les côtes des points des sections (cf. Figure 0.3)

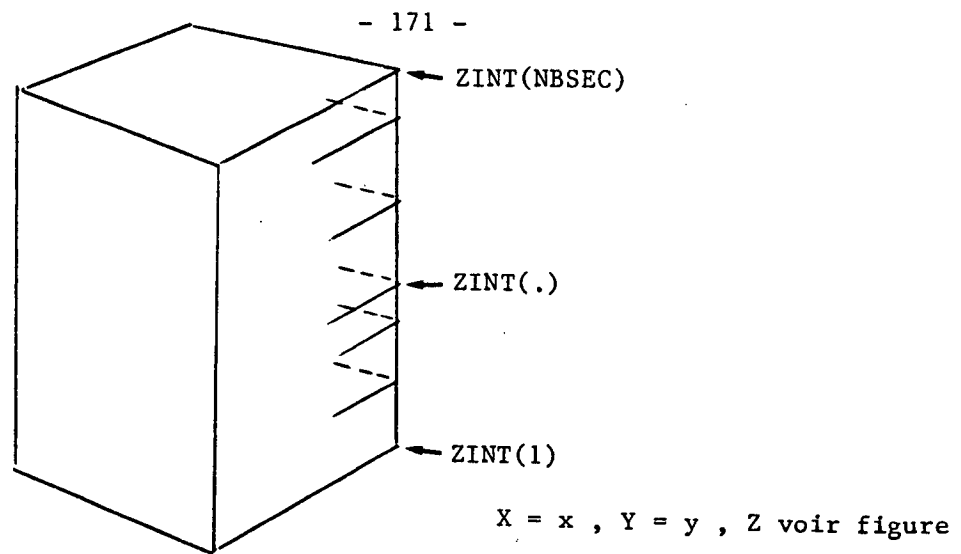


Figure 0.3 IZSUP = 0 IDECV = 1

* IZSUP = 1

La section supérieure est définie entièrement par la subroutine XYZ23.

* IDECV = 0

ZINF donnée est la côte des points de la base dont l'abscisse et l'ordonnée sont celles des points génériques 2D.

Les points des sections intermédiaires sont interpolés linéairement entre leur homologues de la base et de la section supérieure, la côte étant équirépartie (cf. Figure 0.4).

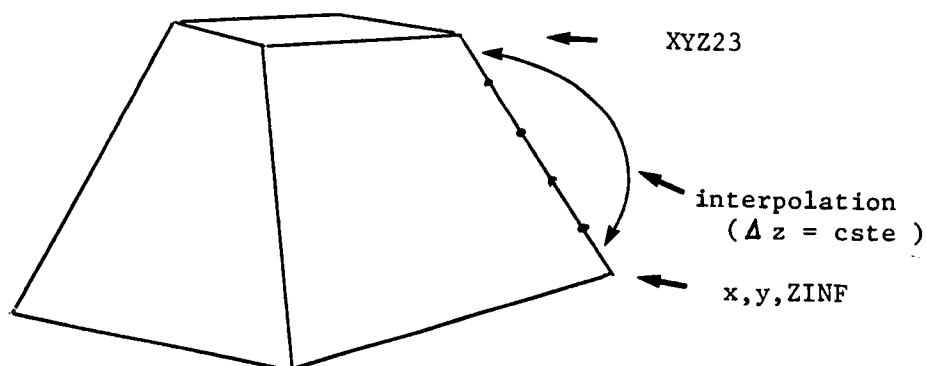


Figure 0.4 IZSUP = 1 IDECV = 0

* IDECV = 1

La base est définie comme précédemment avec x et y et pour côte la valeur ZINT (1).

Les points des sections intermédiaires sont interpolés linéairement entre leurs homologues de la base et de la section supérieure en fonction de leur côte définie par le tableau ZINT (*) (cf. Figure 0.5).

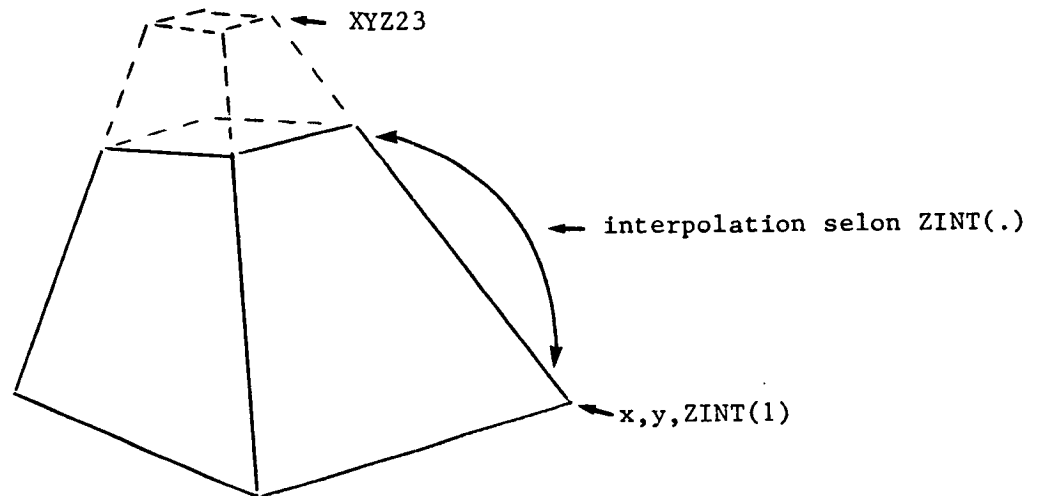


Figure 0.5 IZSUP = 1 IDECV = 1

* IZSUP = 2

Les points de toutes les sections sont définies à partir des points génériques 2D via la subroutine XYZ23 (cf. Figure 0.6).

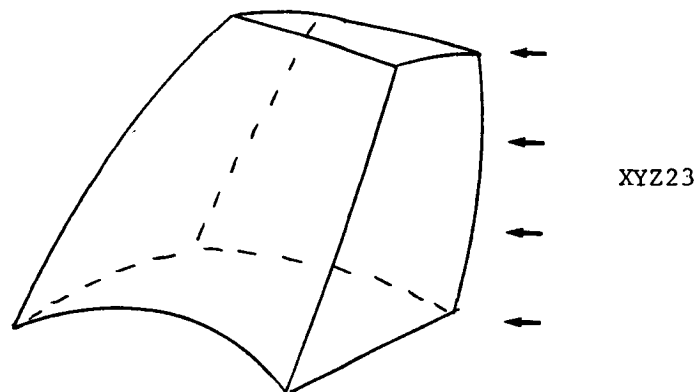


Figure 0.6 IZSUP = 2

2.1.2. Transmission des numéros de S.D. et de référence

2.1.2.1. Numéros de sous-domaine

Ils proviennent du (des) numéro (s) de sous-domaine 2D.

2.1.2.2. Numéros de référence

Le paramètre IREF définit le type de transfert souhaité. NRSUP et NRINF concerne les items de la section supérieure et de la base.

NNREFV et NANOVI caractériseront les transferts :

numéros de référence de points 2D → arêtes 3D.

numéros de référence d'arêtes 2D → faces 3D.

le long des faces verticales.

NNREFI et NANOVI caractériseront le transfert :

numéro de référence de points 2D → points 3D.

numéro de référence d'arêtes 2D → arêtes 3D.

pour la base.

NNREFS et NANOVS auront un rôle identique pour la section supérieure.

* IREF = 1

NRINF est affecté aux items (faces, arêtes, sommets) de la base.

NRSUP est affecté de même aux items de la section supérieure.

Pour les items, non déjà traités, des faces verticales :

NNREFV indique le nombre de numéros de référence 2D à transmettre.

boucle 1 à NNREFV :

NANOVI (1,i) : référence 2D

NANOVI (2,i) : valeur à associer

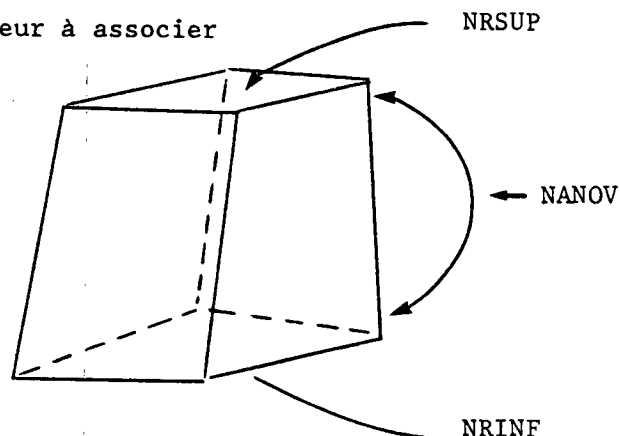


Figure 0.7

IREF = 1

* IREF = 2

Pour la base :

NNREFI précise le nombre de numéros 2D à transférer
boucle 1 à NNREFI

NANOI (1,i) : référence 2D

NANOI (2,i) : valeur à associer.

NRINF est affectée aux items non déjà défini via NANOI.

Pour la section supérieure :

NNREFS, NANOS et NRSUP sont utilisés avec le même effet que ci-dessus.

Pour les faces verticales :

NNREFV et NANOI sont utilisés comme pour IREF = 1.

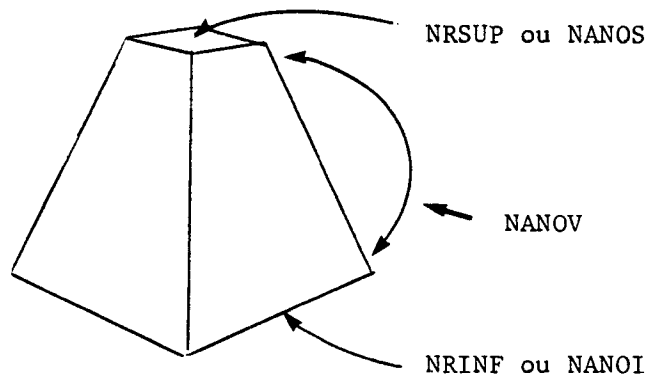


Figure 0.8

IREF = 2

2.2. Appel "batch" du module MA2D3D

Le programme d'appel doit comprendre les instructions suivantes :

- * déclaration du tableau de travail M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux de transferts de numéros ; NANOI, NANOS et NANOI dimensionnés à 2 si ils ne sont pas utilisés et à (2, NNREF*) si on les utilise
- * déclaration du tableau ZINT, dimensionné à 1 s'il n'est pas utilisé, à NBSEC le nombre de sections sinon
- * déclaration du logique FONINT
- * déclaration de l'external XYZ23
- * initialisation du travail : (cf. [1])
CALL INITIS (M, LM, IMPRE, NNN)

* appel du module :

```
CALL MA 2D3D (M,NFNOPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,IZSUP,ZINF,  
              ZSUP,NBSEC,IDECV,IREF,NRINF,NRSUP,NNREFV,NANOV,  
              NNREFI,NANOI,NNREFS,NANOS,ZINT,FONINT,XYZ23)
```

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPO : la S.D.E. 2D générique (fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. 3D résultat (fichier et niveau)
NBSEC : le nombre de couches + 1 (nombre de section)
IZSUP : option de définition des coordonnées 3D
IDECV : option de découpage en z

Pour IZSUP = 0 donné

pour IDECV = 0 donné

ZSUP : la côte de la section supérieure
ZINF : la côte de la base

pour IDECV = 1 donné

ZINT (1 : NBSEC) : les côtes de toutes les sections

Pour IZSUP = 1 donné

fournir la subroutine XYZ23 (ISEC, NUMPOI, NREF, x,y,z, X, Y, Z)

avec ISEC = NBSEC l'indice de section

NUMPOI le numéro du point 2D générique

NREF sa référence

x,y,z ses coordonnées (en 2D, z est sans effet)

X, Y, Z le résultat : le point 3D associé au point générique

Pour IDECV = 0 donné

ZINF : la côte de la base

Pour IDECV = 1 donné

ZINT (2 : NBSEC-1) : les côtes des sections intermédiaires

Pour IZSUP = 2 donné

fournir la subroutine XYZ23 pour définir les NBSEC sections ; ISEC
en étant l'indice (ISEC varie de 0, la base, à NBSEC-1 la face
supérieure)

IREF : option de transmission des numéros 2D

Pour IREF = 1 donné

NRSUP : référence des items de la section
supérieure (faces, arêtes, sommets)
NRINF : idem pour la base
NNREFV : le nombre de numéro de référence de
points ou d'arêtes 2 D à transmettre aux
arêtes verticales ou aux faces
verticales

Boucle 1 à NNREFV
[NANOV (1,I) : le numéro 2D
 NANOV (2,I) : la valeur 3D correspondante

Pour IREF = 2 donné

donner NRINF, NRSUP, NNREFV et NANOV comme pour IREF = 1
préciser NNREFI, NANOI et NNREFS, NANOS pour affiner les numéros
de la base et de la section supérieure (point 2D → point 3D, arête
2D → arête 3D) avec la même logique que pour NANOV
FONINT = .FALSE. est à initialiser

2.3. Exemples d'utilisation "batch" de MA2D3D

Nous donnons 3 exemples d'appel de ce module de complexité
différente.

1) Test 1 :

" montée d'un cylindre à partir d'une couronne "
IZSUP = 0 et IDECV = 1

2) Test 2 :

" montée d'un cylindre à partir d'une couronne "
IZSUP = 1 et IDECV = 0
utilisation de XYZ23 pour définir la section supérieure

3) Test 3 :

" montée d'une coque à partir d'une surface plane "
IZSUP = 2
utilisation de XYZ23 pour définir toutes les sections

Pour chaque test nous fournissons :

- le listing du programme d'appel de MA2D3D
- le data permettant la création du maillage 2D générique (identique pour le test 1 et le test 2)
- quelques vues (TRNOXX cf. [108] [96]) du résultat, en particulier pour apprécier le transfert des numéros de référence.

```

C *****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3D : TEST NUMERO 1
C *****
C   PARAMETER (LM = 100000)
C   COMMON M(LM)
C   INTEGER NANOV(2,2),NANOS(2,2),NANOI(2)
C   REAL ZINT(5)
C   LOGICAL FONINT
C   EXTERNAL XYZ23
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
C   NFNPO = 10
C   NINOPO = 1
C   CALL OUVIR(NFNPO,'NOPO2D.MA23.1','OLD,UNFORMATTED',0,Iostat)
C   NFNOPS = 11
C   NINOPS = 2
C   CALL OUVIR(NFNOPS,'NOPO3D.MA23.1','UNFORMATTED',0,Iostat)
C   ----- OPTION DE MONTEE -----
C   IZSUP = 0
C   ----- NOMBRE DE SECTIONS -----
C   NBSEC = 5
C   ----- COTES DES SECTIONS -----
C   IDECV = 1
C   ZINT(1) = 10.
C   ZINT(2) = 11.
C   ZINT(3) = 12.
C   ZINT(4) = 13.
C   ZINT(5) = 14.5
C   ----- DEFINITION DES REFERENCES -----
C   IREF = 2
C   --- ITEMS DE LA BASE INFERIEURE :
C   MIS A NRINF , PAS DE TABLEAU NANOI
C   NRINF = 3
C   NNREFI = 0
C   --- ITEMS DE LA BASE SUPERIEURE :
C   MIS A NRSUP ET TABLEAU NANOS
C   NRSUP = 4
C   NNREFS = 2
C   1 ==> 5
C   NANOS(1,1) = 1
C   NANOS(2,1) = 5
C   2 ==> 6
C   NANOS(1,2) = 2
C   NANOS(2,2) = 6
C   --- ITEMS VERTICAUX :
C   TABLEAU NANOV
C   NNREFV = 2
C   1 ==> 5
C   NANOV(1,1) = 1
C   NANOV(2,1) = 5
C   2 ==> 6
C   NANOV(1,2) = 2
C   NANOV(2,2) = 6
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   XYZ23 N'EST PAS UTILISE
C   PAS DE FONCTION INTERPRETEE ( NOUS SOMMES EN BATCH ! )
C   FONINT = .FALSE.
C
C   CALL MA2D3D(M,NFNPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,IZSUP,ZINF,ZSUP,NBSEC,
+   IDECV,IREF,NRINF,NRSUP,NNREFV,NANOV,NNREFI,NANOI,
+   NNREFS,NANOS,ZINT,FONINT,XYZ23)
C   END

```

*TEST 1 MA2D3D

COURBES

1
COURBE01(X,Y)=
X*X+Y*Y-4.;
COURBE02(X,Y)=
X*X+Y*Y-25.;

\$ IMPRE

FIN

*POINTS

\$	NOP	NOREF(NOP)	X(NOP).	Y(NOP).	\$ IMPRE NPOINT \$
1	1	1	-0.200000E+01	0.000000E+00	
2	1	1	0.200000E+01	0.000000E+00	
3	2	2	0.500000E+01	0.000000E+00	
4	2	2	-0.500000E+01	0.000000E+00	

*LIGNES

\$	NOLIG	NOELIG	NEXTR1	NEXTR2	NOREFL	NFFRON	\$ IMPRE NDLM \$	RAISON \$
1	1	7	2	1	1	10	0.100000E+01	
2	2	4	2	3	0	0	0.100000E+01	
3	3	7	3	4	2	10	0.100000E+01	
4	4	4	4	1	0	0	0.100000E+01	

*QUAC

\$	LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NSIL
1	1	
2	2	
3	3	
4	4	

*SYMD

\$	IMPRE NIVEA1 NIVEA2
1	0
2	0
3	0
4	0

*RECO

\$	IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
1	0
2	0
3	0
4	0

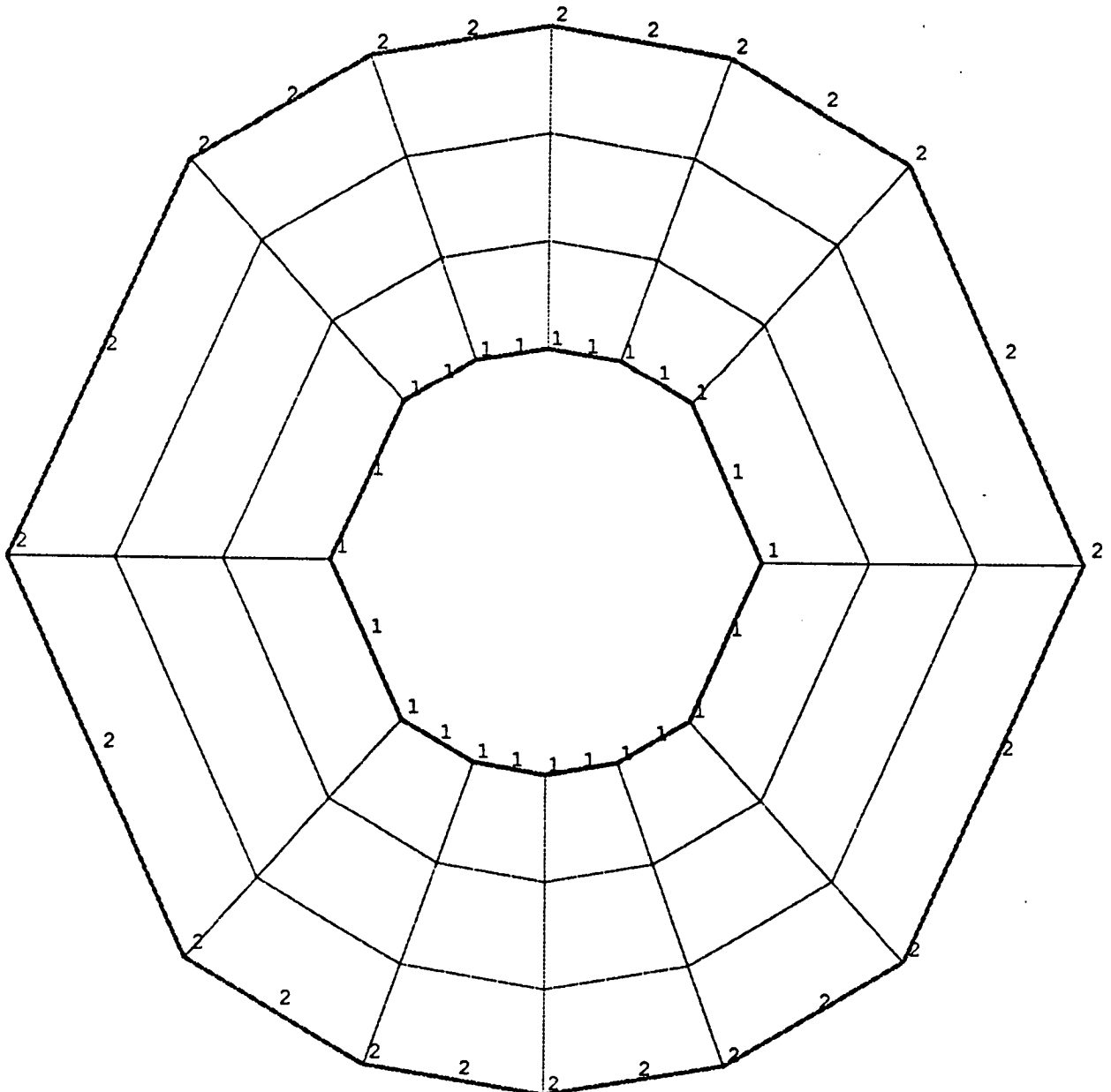
*SAUV

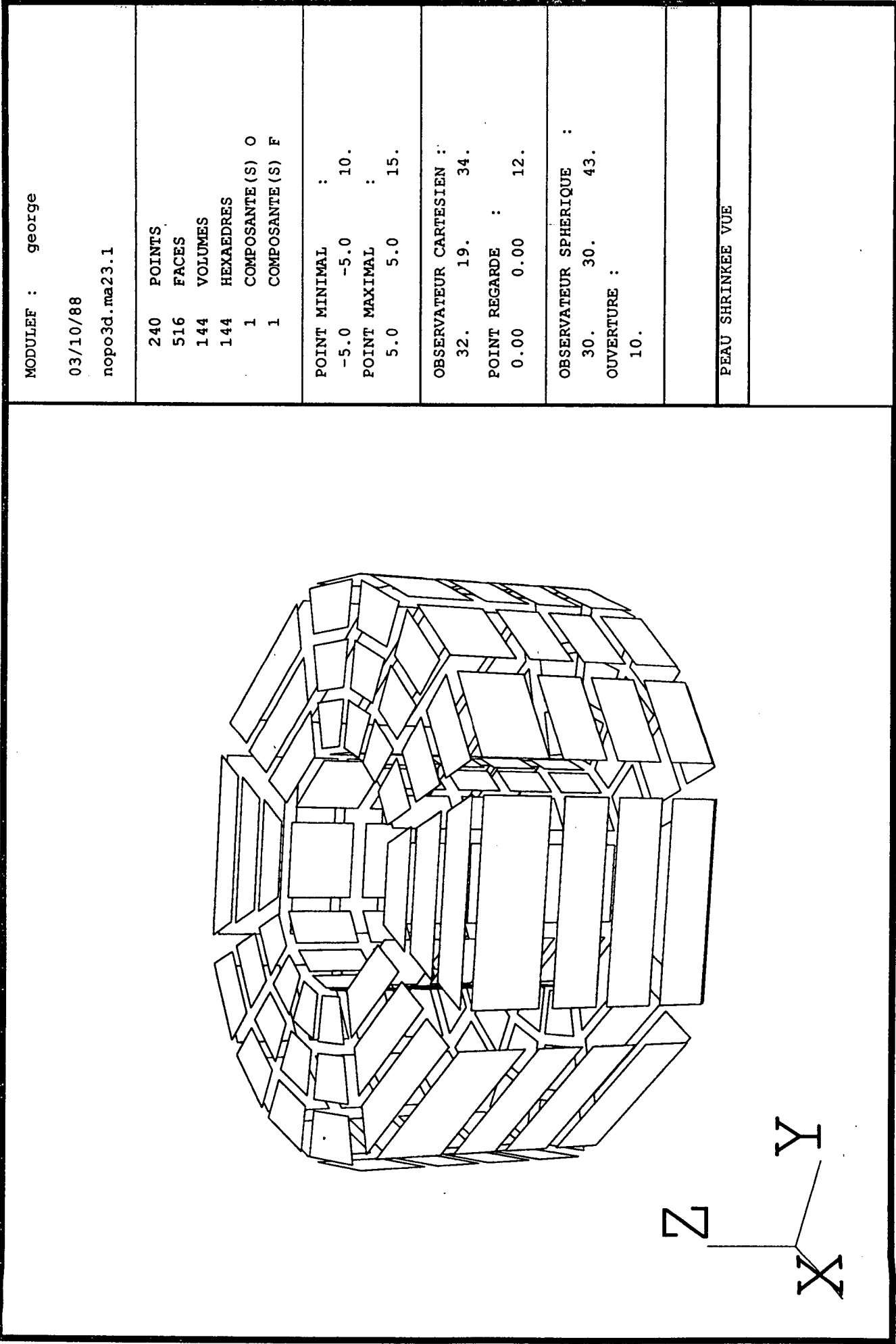
\$	IMPRE NINOPO NTNPO
1	0
2	0
3	0
4	0

NOPO2D.MA23.1

\$ NOM FICHER

*FIN





MODULEF : george

03/10/88

nopo3d.ma23.1

240 POINTS
516 FACES
144 VOLUMES
144 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE (S) O
1 COMPOSANTE (S) F

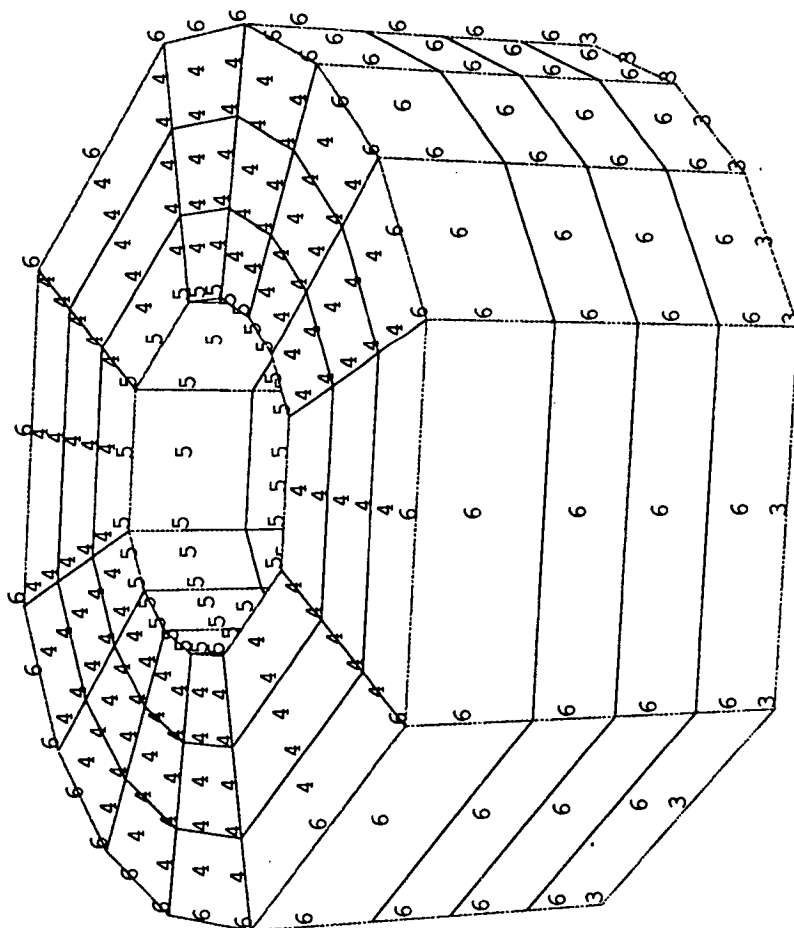
POINT MINIMAL :
-5.0 -5.0 10.
POINT MAXIMAL :
5.0 5.0 15.

OBSERVATEUR CARTESIEN :
32. 19. 34.

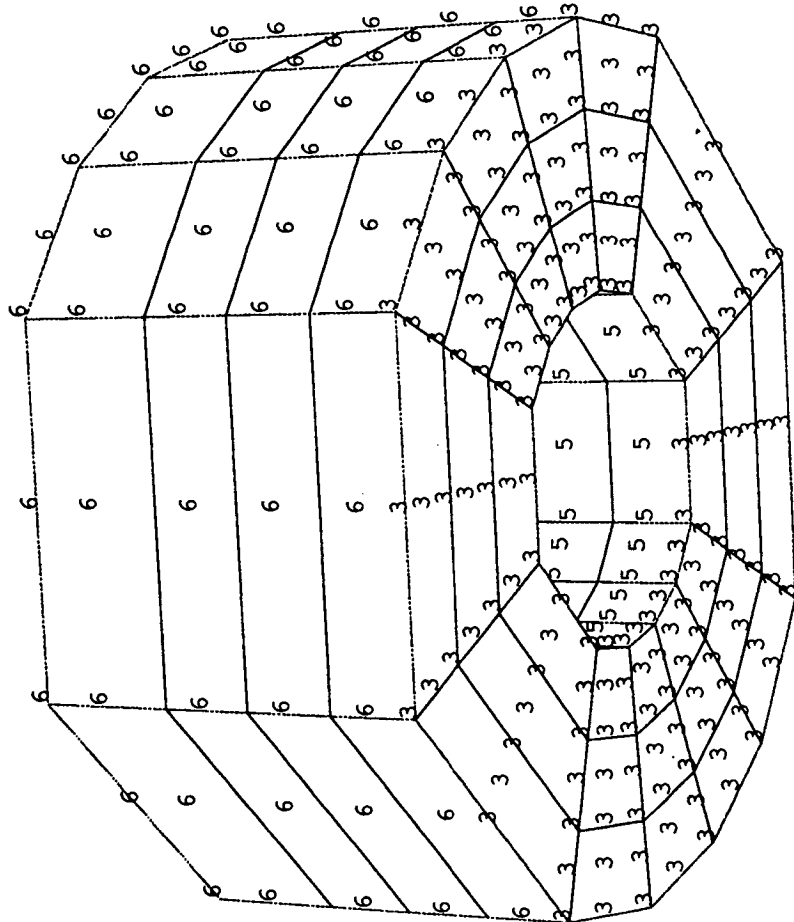
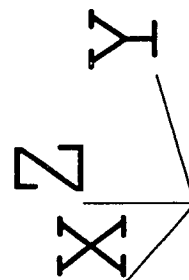
POINT REGARDER :
0.00 0.00 12.

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 43.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE
REFERENCE (TOUT)



Z
X Y



MODULEF : george
03/10/88
nopo3d.ma23.1
240 POINTS
516 FACES
144 VOLUMES
144 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F
POINT MINIMAL : -5.0 -5.0 10.
POINT MAXIMAL : 5.0 5.0 15.
OBSERVATEUR CARTESIEN : 32. 19. -9.1
POINT REGARDE : 0.00 0.00 12.
OBSERVATEUR SPHERIQUE : 30. -30. 43.
OUVERTURE : 10.
PEAU VUE REFERENCE (TOUT)

```

C *****- 182 -*****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3D : TEST NUMERO 2
C *****
C   PARAMETER (LM = 100000)
C   COMMON M(LM)
C   INTEGER NANOV(2,2),NANOS(2,2),NANOI(2)
C   REAL ZINT(1)
C   LOGICAL FONINT
C   EXTERNAL XYZ23
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
C   NFNPO = 10
C   NINOPO = 1
C   CALL OUVRIIR(NFNPO,'NOPO2D.MA23.1','OLD,UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   NFNOPS = 11
C   NINOPS = 2
C   CALL OUVRIIR(NFNOPS,'NOPO3D.MA23.2','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- OPTION DE MONTEE -----
C   IZSUP = 1
C   ----- NOMBRE DE SECTIONS -----
C   NBSEC = 5
C   ----- COTES DES SECTIONS -----
C   IDECV = 0
C   ZINF = 10.
C   ----- DEFINITION DES REFERENCES -----
C   IREF = 2
C   --- ITEMS DE LA BASE INFERIEURE :
C   MIS A NRINF , PAS DE TABLEAU NANOI
C   NRINF = 3
C   NNREFI = 0
C   --- ITEMS DE LA BASE SUPERIEURE :
C   MIS A NRSUP ET TABLEAU NANOS
C   NRSUP = 4
C   NNREFS = 2
C   1 ==> 5
C   NANOS(1,1) = 1
C   NANOS(2,1) = 5
C   2 ==> 6
C   NANOS(1,2) = 2
C   NANOS(2,2) = 6
C   --- ITEMS VERTICAUX :
C   TABLEAU NANOV
C   NNREFV = 2
C   1 ==> 5
C   NANOV(1,1) = 1
C   NANOV(2,1) = 5
C   2 ==> 6
C   NANOV(1,2) = 2
C   NANOV(2,2) = 6
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   XYZ23 EST UTILISE
C   PAS DE FONCTION INTERPRETEE ( NOUS SOMMES EN BATCH ! )
C   FONINT = .FALSE.
C
C   CALL MA2D3D(M,NFNPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,IZSUP,ZINF,ZSUP,NBSEC,
+   IDECV,IREF,NRINF,NRSUP,NNREFV,NANOV,NNREFI,NANOI,
+   NNREFS,NANOS,ZINT,FONINT,XYZ23)
C   END

```

```

C *****
C   SUBROUTINE XYZ23
C   *****
C   SUBROUTINE XYZ23(I,NUM,NREF,X,Y,Z,X3,Y3,Z3)
C
C   X3 = X / 2.
C   Y3 = Y / 2.
C   Z3 = 15.
C   END

```

MODULEF : george

04/10/88

nopo3d.ma23.2

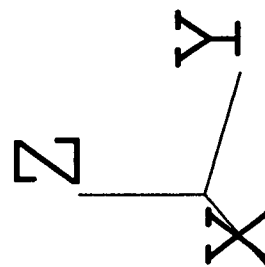
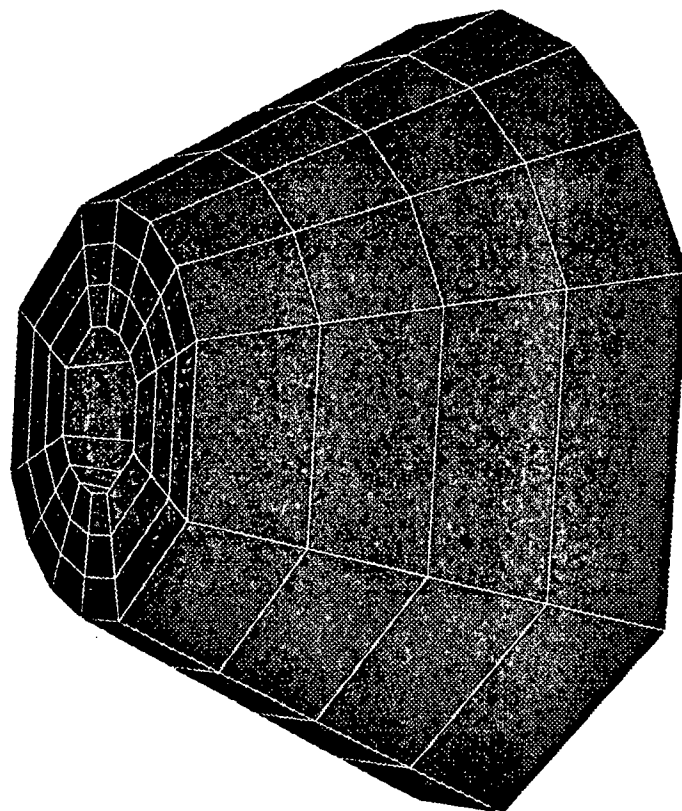
240 POINTS
516 FACES
144 VOLUMES
144 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL :
-5.0 -5.0 10.
POINT MAXIMAL :
5.0 5.0 15.

OBSERVATEUR CARTESIEN :
32. 19. 34.
POINT REGARDE :
0.00 0.00 13.

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 43.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE



```

C *****- 184 -*****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3D : TEST NUMERO 3
C *****
C   PARAMETER (LM = 100000)
C   COMMON M(LM)
C   INTEGER NANOV(2,1),NANOS(2),NANOI(2)
C   REAL ZINT(1)
C   LOGICAL FONINT
C   EXTERNAL XYZ223
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
C   NFNPOPO = 10
C   NINOPO = 1
C   CALL OUVRIIR(NFNPOPO,'NPO02D.MA23.3','OLD,UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   NFNOPS = 11
C   NINOPS = 2
C   CALL OUVRIIR(NFNOPS,'NPO03D.MA23.3','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- OPTION DE MONTEE -----
C   IZSUP = 2
C   ----- NOMBRE DE SECTIONS -----
C   NBSEC = 3
C   ----- COTES DES SECTIONS -----
C   IDECV = 0
C   ----- DEFINITION DES REFERENCES -----
C   IREF = 1
C   --- ITEMS DE LA BASE INFERIEURE :
C   MIS A NRINF
C   NRINF = 1
C   --- ITEMS DE LA BASE SUPERIEURE :
C   MIS A NRSUP
C   NRSUP = 2
C   --- ITEMS VERTICAUX :
C   TABLEAU NANOV
C   NNREFV = 1
C   1 --> 3
C   NANOV(1,1) = 1
C   NANOV(2,1) = 3
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   XYZ223 EST UTILISE
C   PAS DE FONCTION INTERPRETEE ( NOUS SOMMES EN BATCH ! )
C   FONINT = .FALSE.
C
C   CALL MA2D3D(M,NFNPOPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,IZSUP,ZINF,ZSUP,NBSEC,
+   IDECV,IREF,NRINF,NRSUP,NNREFV,NANOV,NNREFI,NANOI,
+   NNREFS,NANOS,ZINT,FONINT,XYZ223)
C   END

```

```

C *****
C SUBROUTINE XYZ223
C *****
C SUBROUTINE XYZ223(I,NUM,NREF,X,Y,Z,X3,Y3,Z3)
C
C   X3 = X
C   Y3 = Y
C   Z3 = SQRT( 100. + 10. * FLOAT(I) - (X-3.)**2 - (Y-3.)**2 )
C   END

```

MODULEF : george

TEST_3_MA2D3D

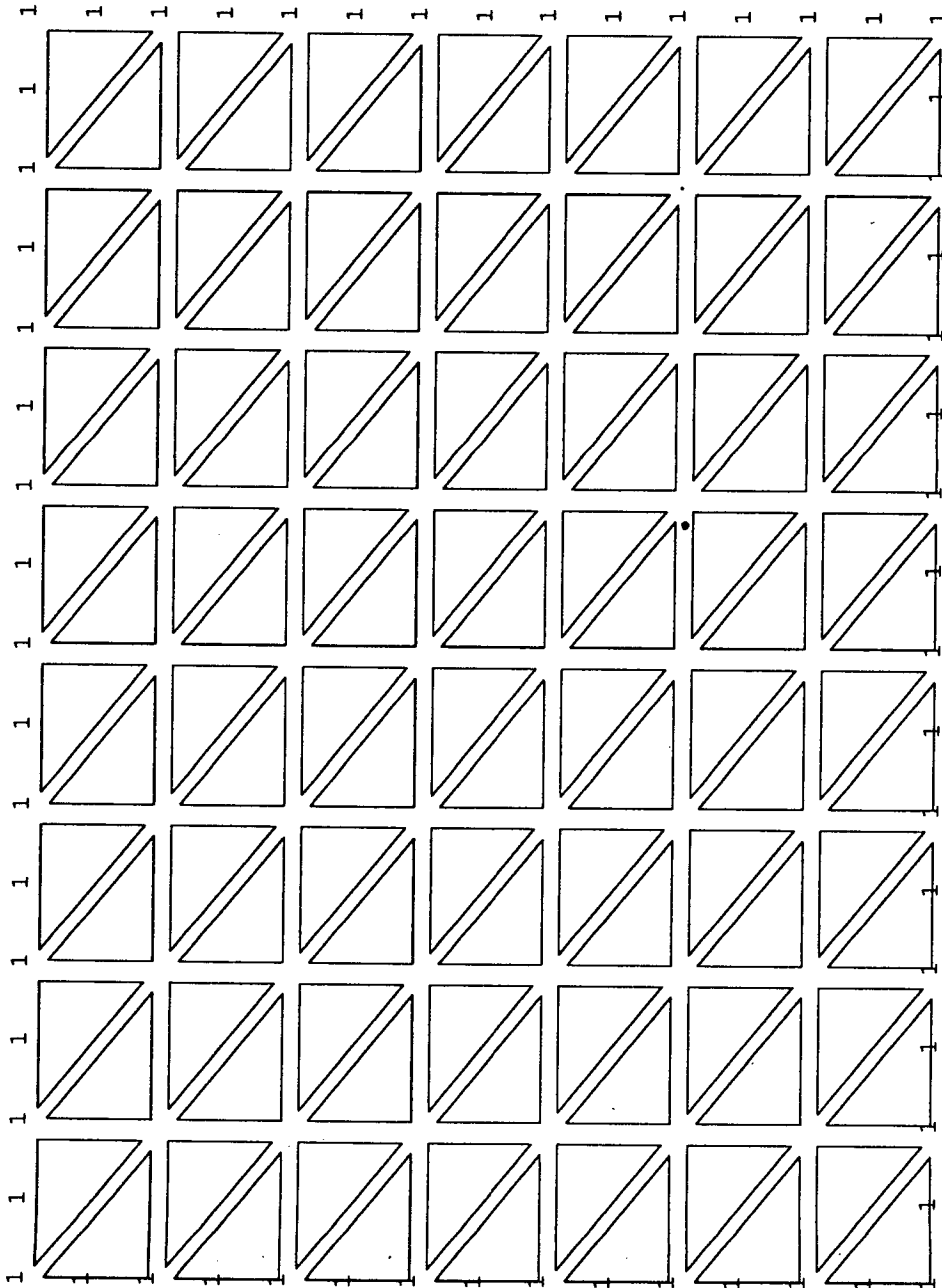
03/10/88

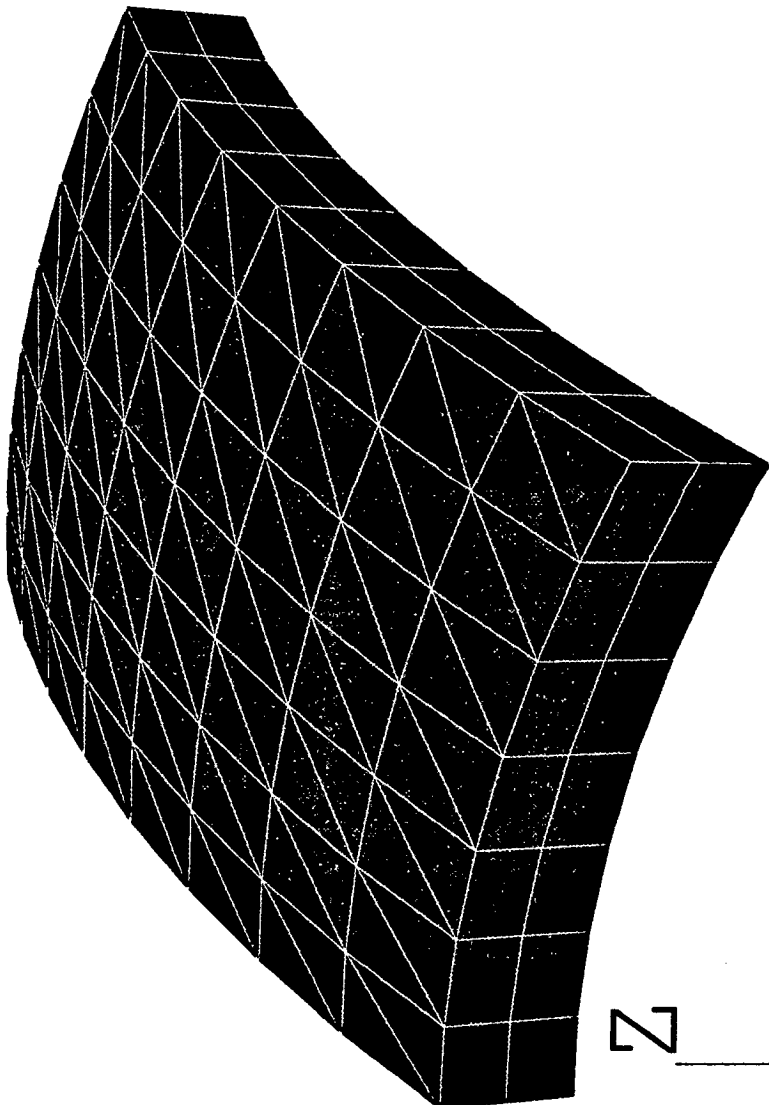
nopo2d.ma23.3

72 POINTS
72 NOEUDS
112 ELEMENTS
112 TRIANGLES
0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :
-0.35 -1.1
COIN HAUT DROIT :
7.4 6.1

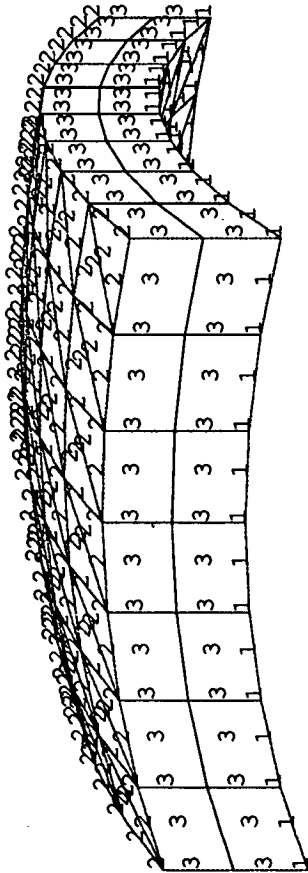
REFERENCE (TOUT)





MODULEF : george	
03/10/88	
nopo3d.ma23.3	
216 POINTS	
702 FACES	
224 VOLUMES	
224 PENTAEDRES	
1 COMPOSANTE(S) O	
1 COMPOSANTE(S) F	
POINT MINIMAL :	
0.00 0.00 8.7	
POINT MAXIMAL :	
7.0 5.0 11.	
OBSERVATEUR CARTESIEN :	
23. 14. 23.	
POINT REGARDE :	
3.5 2.5 9.8	
OBSERVATEUR SPHERIQUE :	
30. 30. 26.	
OUVERTURE :	
10.	
PEAU VUE	

MODULEF : george	
03/10/88	
nopo3d.ma23.3	
216 POINTS	
702 FACES	
224 VOLUMES	
224 PENTAEDRES	
1 COMPOSANTE(S) O	
1 COMPOSANTE(S) F	
POINT MINIMAL : 8.7	
0.00 0.00	
POINT MAXIMAL : 11.	
7.0 5.0	
OBSERVATEUR CARTESIEN :	
28. 11. 9.8	
POINT REGARDE :	
3.5 2.5 9.8	
OBSERVATEUR SPHERIQUE :	
20. 0.28E-04 26.	
OUVERTURE :	
10.	
PEAU VUE	
REFERENCE (TOUT)	



Z
X Y

2.4. Utilisation "conversationnelle" de MA2D3D

Suite à la remarque 1.2 nous renvoyons au module MA2D3E pour ce mode de mise en oeuvre.

PLAN

1 - GENERALITES

2 - PRESENTATION DE LA METHODE

2.1. Introduction et notations

2.2. Correspondance entre les éléments 2D et 3D

2.3. Définition des coordonnées des sommets 3D

2.3.1. Définition de la section 0 ou base

2.3.2. Les sections 1 à N

2.3.3. Compléments

2.4. Définition des numéros de référence et de sous-domaine

3 - UTILISATION "BATCH" DU MODULE MA2D3E

3.1. Les coordonnées 3D

3.2. Transfert des numéros

3.3. Options

3.4. Appel "batch" du module MA2D3E

3.5. Exemples d'utilisation

4 - UTILISATION "CONVERSATIONNELLE" DU MODULE MA2D3E

4.1. Définition de la géométrie

4.2. Définition des numéros

4.3. Options supplémentaires

4.4. Un exemple commenté

4.5. Exemples d'utilisation

MA2D3E

S.D.E. NOPO (2D)

S.D.S. NOPO (3D)

1 - GENERALITES

Le mailleur MA2D3E génère un maillage tridimensionnel (S.D.S. NOPO) à partir de la donnée d'un maillage bidimensionnel (S.D.E. NOPO) duquel seront déduites des surfaces de topologie identique. A partir de ces sections seront définies des couches d'éléments 3D de la façon suivante :

- un point définit des segments
- un segment définit des quadrangles
- un triangle définit des pentaèdres
- un quadrangle définit des hexaèdres.

La méthode de maillage est décrite dans "Mailleur tridimensionnel en topologie cylindrique" R.T. n°100 auquel nous renvoyons pour plus de détails.

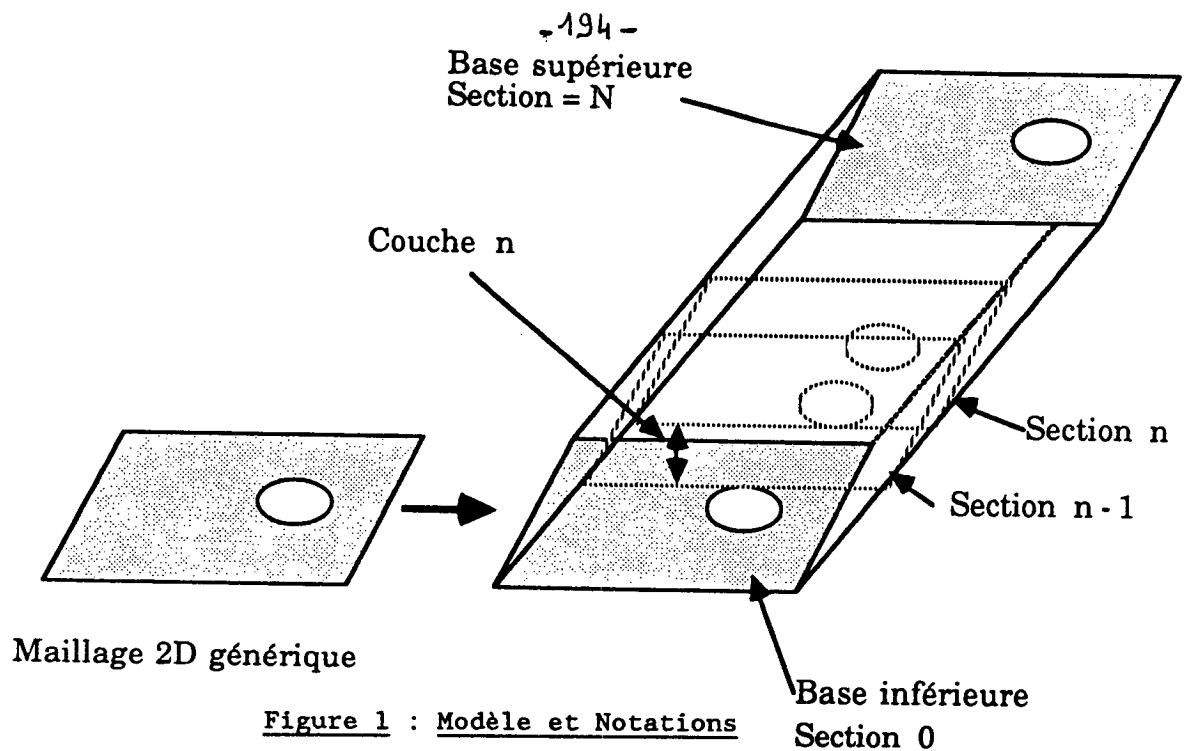
Afin de présenter rapidement cette méthode, nous extrayons de ce rapport les notions essentielles en nous plaçant du point de vue de l'utilisateur.

2 - PRESENTATION DE LA METHODE

2.1. Introduction et Notations

A partir du maillage plan d'une surface 2D de référence, le mailleur génère le recouvrement du domaine par construction des éléments 3D déduits des éléments 2D génériques et par empilement de ceux-ci en couches de topologie identique. Il utilise le principe d'une surface engendrant un volume.

Afin d'illustrer le cas considéré et pour introduire les notations que nous utiliserons par la suite, nous donnons le schéma suivant :



Le maillage 2D générique est composé d'éléments qui peuvent être :

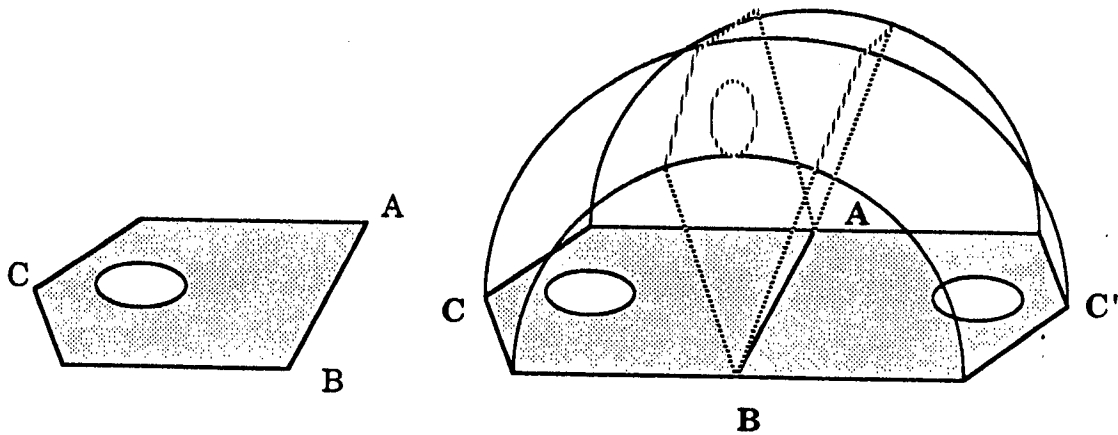
- des quadrangles
- des triangles
- des segments
- des points (éléments réduits à un point)

En définissant les différentes couches de l'empilement de telle sorte que la trace d'une couche corresponde topologiquement au maillage 2D, à chacun de ces éléments on fait correspondre respectivement :

- des hexaèdres
- des pentaèdres
- des quadrangles dans l'espace
- des segments dans l'espace

Remarque :

L'existence d'au moins un point invariant pour au moins deux sections nous amène à considérer un cas particulier du schéma précédant comme le montre par exemple la figure ci-dessous :



Maillage 2D générique

Maillage 3D obtenu par la rotation
du maillage 2D autour de AB

Figure 2 : Les sommets de la ligne AB sont invariants le long
des différentes sections

La figure obtenue dans ce cas est une figure "dégénérée". Le critère qui nous permettra de décider si un point est dégénéré ou non repose sur la comparaison des tailles respectives des arêtes engendrées.

2.2. Correspondance entre les éléments 2D et 3D

Nous définissons à partir des éléments 2D possibles les éléments 3D correspondants de la manière suivante :

Éléments 2D réduits à un point

cas non dégénéré :

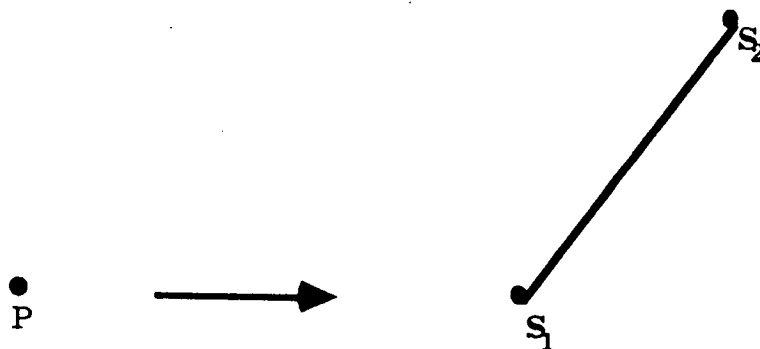


Figure 3 : image d'un point

Au point P du plan associé le segment $S_1 S_2$ de l'espace défini via la transformation permettant de déduire les 2 triplets (X_1, Y_1, Z_1) et (X_2, Y_2, Z_2) .

cas dégénéré :



Figure 3 bis : image dégénérée d'un point

Au point P du plan est associé un point P' dans l'espace.

Eléments 2D du type segment

cas non dégénéré :

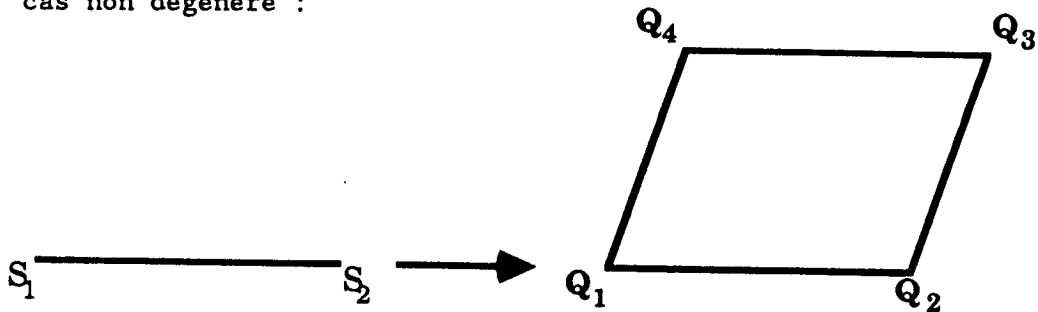


Figure 4 : image d'un segment

Au point S_1 sont associés les points Q_1 pour une section donnée et Q_4 pour la section suivante. De même Q_2 et Q_3 sont les images de S_2 . Le segment $S_1 S_2$ donne naissance au quadrangle $Q_1 Q_2 Q_3 Q_4$.

1^{er} cas dégénéré :

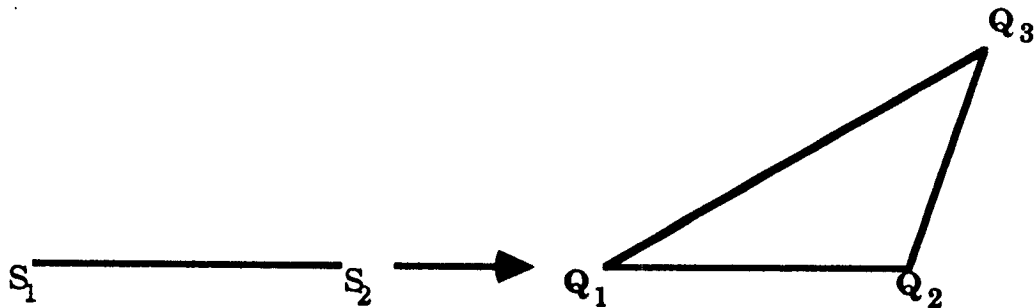


Figure 4 bis : image dégénérée d'un segment

Les points Q_1 et Q_4 (ou Q_2 et Q_3) sont confondus. On obtient le triangle $Q_1Q_2Q_3$ (ou le triangle $Q_1Q_2Q_4$).

2^{ème} cas dégénéré :



Figure 4 ter : image dégénérée d'un segment

Les points Q_1 , Q_4 et Q_2 , Q_3 sont confondus, l'élément généré dans ce cas est un segment dans l'espace.

Elément 2D de type triangle

cas non dégénéré :

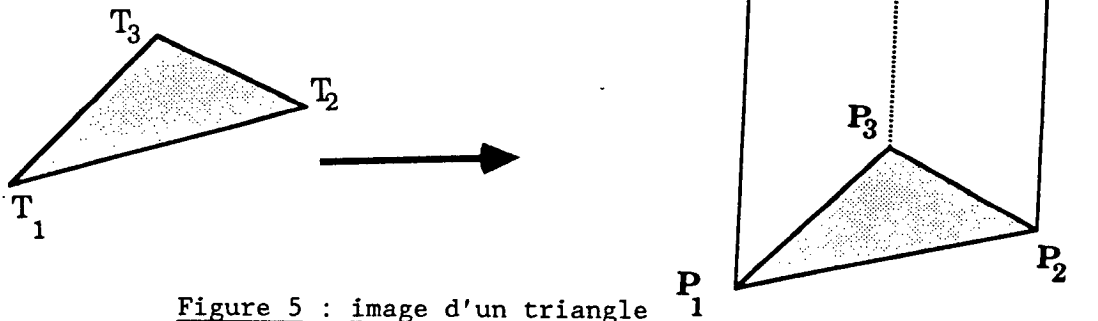


Figure 5 : image d'un triangle

De même que dans le cas précédent, à chaque point du triangle $T_1T_2T_3$ sont associés respectivement les points $P_1P_2P_3$ de la section donnée et les points $P_4P_5P_6$ de la section suivante. Ces points définissent le pentaèdre $P_1P_2P_3P_4P_5P_6$.

1^{er} cas dégénéré :

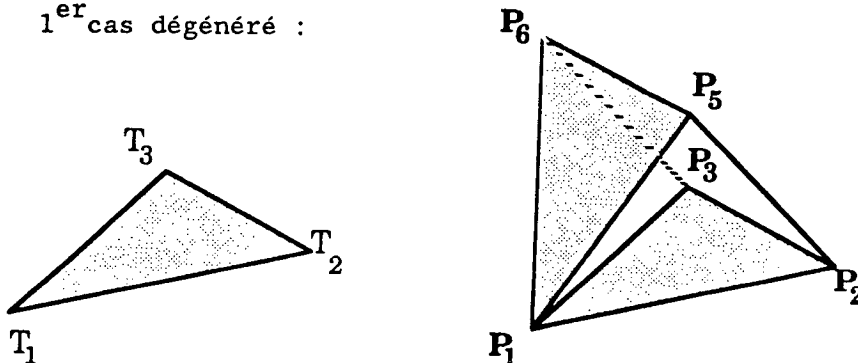


Figure 5 bis : dégénérescence non réaliste d'un triangle

Un des points du triangle est dégénéré (par exemple T_1 ; P_1 et P_4 seront confondus). La figure obtenue ne correspond pas à un élément fini existant.

2^{ème} cas dégénéré :

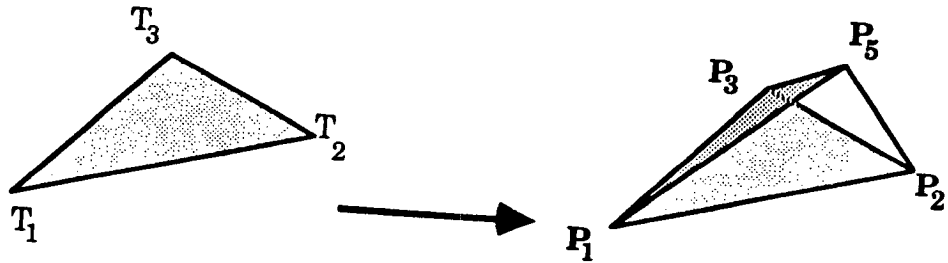


Figure 5 ter : image dégénérée d'un triangle

Deux points du triangle sont dégénérés. L'élément obtenu dans ce cas est un tétraèdre.

Elément 2D de type quadrangle

cas non dégénéré :

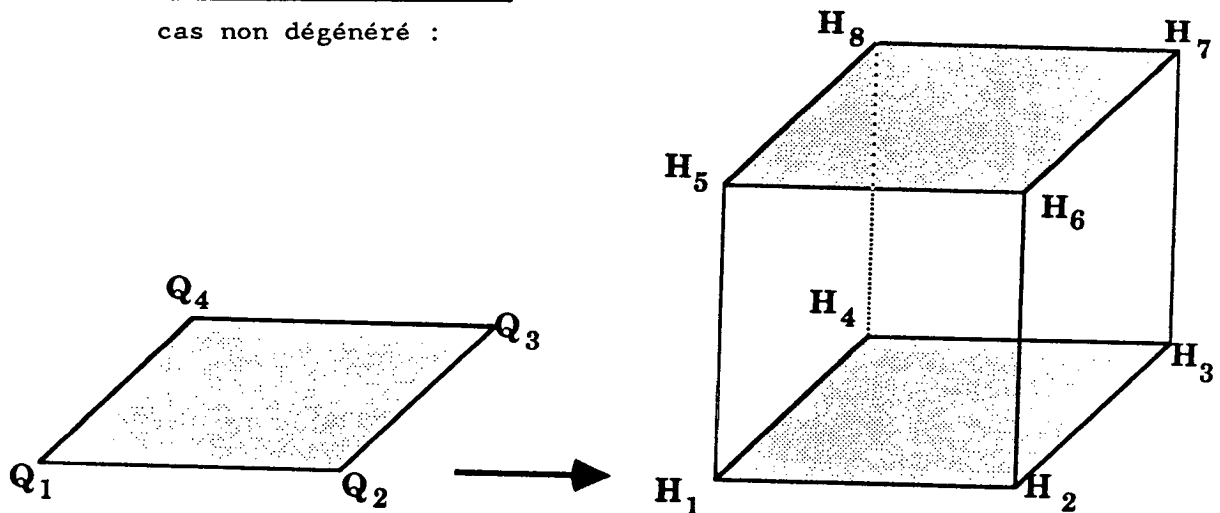


Figure 6 : image d'un quadrangle

Toujours selon le même principe, l'élément 3D obtenu est l'héxaèdre $H_1H_2H_3H_4H_5H_6H_7H_8$.

1^{er} cas dégénéré :

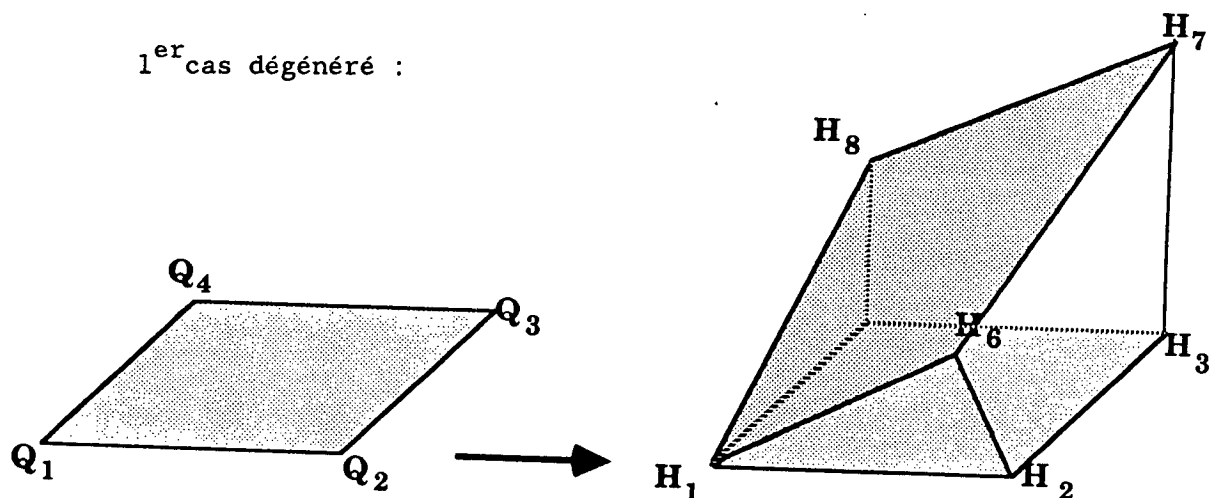


Figure 6 bis : dégénérescence non réaliste d'un quadrangle

Un point du quadrangle est dégénéré. La figure obtenue dans ce cas est une figure impossible du point de vue des éléments finis.

2^{ème} cas dégénéré :

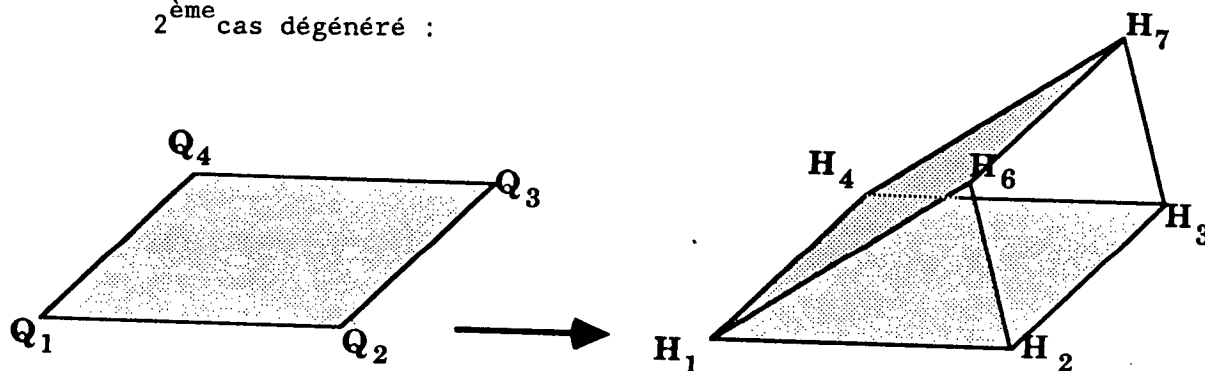


Figure 6 ter : image dégénérée d'un quadrangle

Deux points consécutifs sont confondus (par exemple H_4 et H_1). On obtient dans ce cas le pentaèdre $H_1H_2H_6H_4H_3H_7$.

Autres cas dégénérés : Les autres cas dégénérés (par exemple deux points non consécutifs dégénérés) ne sont pas réalistes.

2.3. Définition des coordonnées des sommets 3D

Afin d'offrir une grande souplesse, nous proposons plusieurs options de complexité croissante, pour le calcul des coordonnées 3D à partir des coordonnées 2D. La définition de celles-ci est fonction des sections.

Notations :

M désigne un point de maillage 3D.

X,Y et Z sont ses coordonnées.

m désigne le point générique 2D ayant permis de construire M.

x et y sont ses coordonnées.

Les zones hachurées symbolisent les données de la construction en cours.

2.3.1. Définition de la section 0 ou base

2.3.1.1. Maillage 2D avec côte donnée

Les points de la base ont pour coordonnées :

$X = x$

$Y = y$

$Z = ZINT(0)$ tableau à fournir.

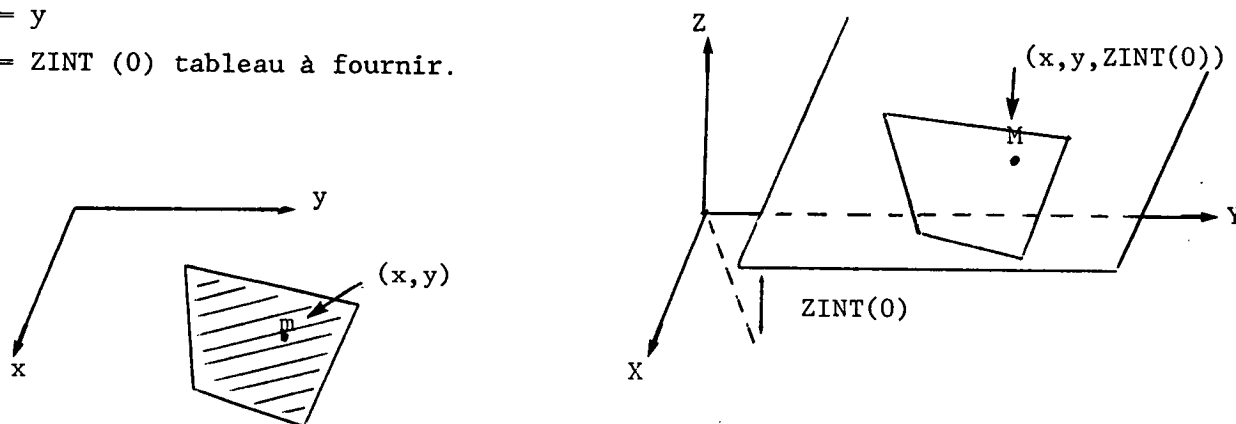


Figure 7 : définition de la base (1)

2.3.1.2. Transformation du maillage 2D

Les coordonnées des points de la base sont définies comme fonction de celles des points du maillage 2D via une subroutine de nom XYZ23 dont la forme est :

SUBROUTINE XYZ23 (ISEC,NUMPOIN,NREF,x,y,z,X,Y,Z)

avec :

ISEC : l'indice de section, ici ISEC = 0

NUMPOIN : le numéro du point 2D générique

NREF : sa référence.

x,y,z : ses coordonnées (en 2D pure, z est sans effet, en 2D dans l'espace il agit)

X,Y,Z : en sortie les coordonnées du point 3D générée comme image de NUMPOIN.

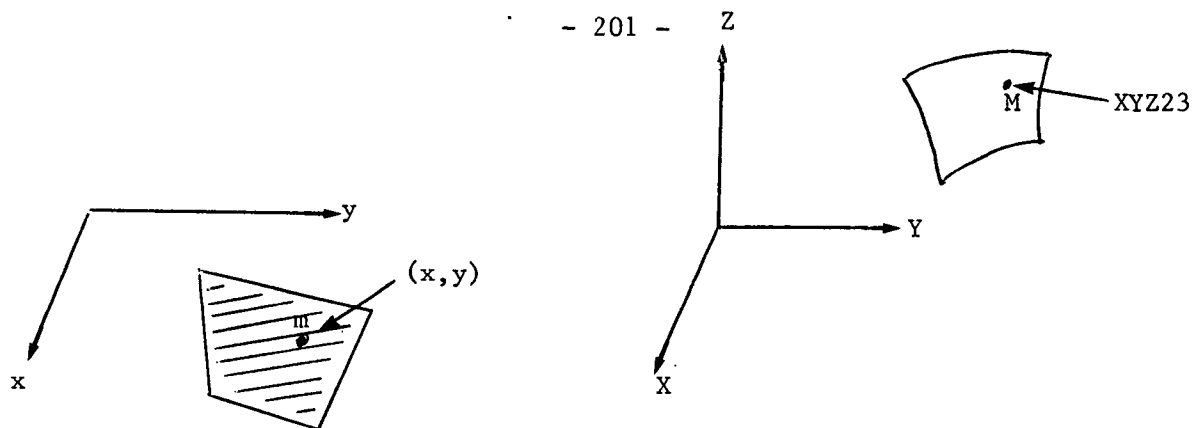


Figure 8 : définition de la base (2)

2.3.2. Les sections 1 à N

Afin d'offrir une grande souplesse, plusieurs options sont présentes pour définir les sections de l'objet. De fait on définira pour un ensemble de sections la façon de les construire, celles-ci pouvant être générées de manière totale, globale ou locale au sens suivant :

2.3.2.1. Définition totale

Les sections p à q ($1 \leq p \leq q \leq N$) sont décrites via la subroutine XYZ23 déjà vue, ainsi les points 3D se déduisent des points 2D correspondant.

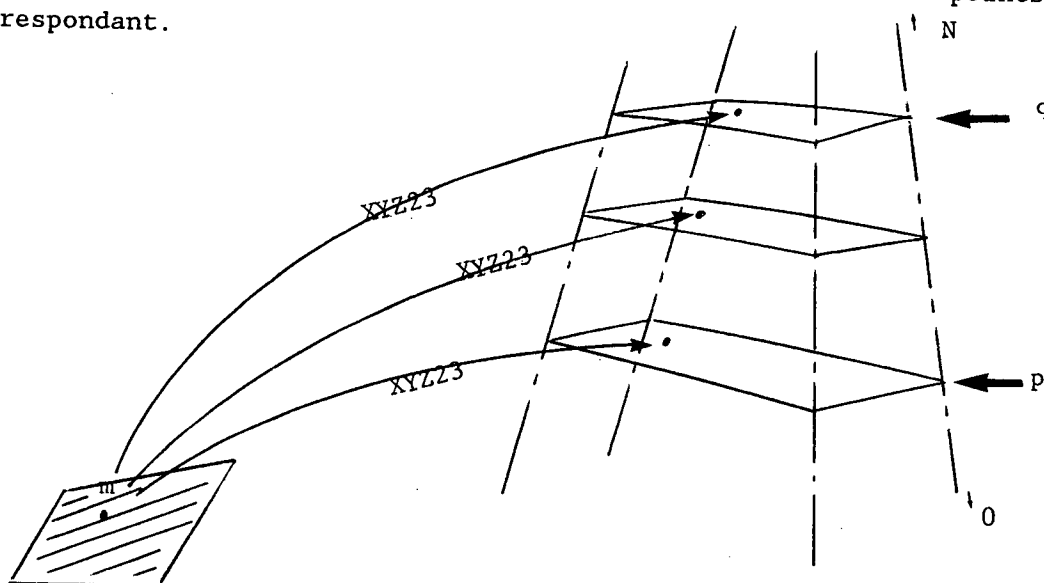


Figure 9 : définition totale des sections p à q

2.3.2.2. Définition globale

Etant donné 2 sections extrêmes (p et q) on construit les sections intermédiaires par :

* interpolation linéaire dirigée par la côte ZINT ($p+1, \dots, q^*$) ou ZINT est une donnée et q^* un indice qui peut différer de q. (cf. Figure 10).

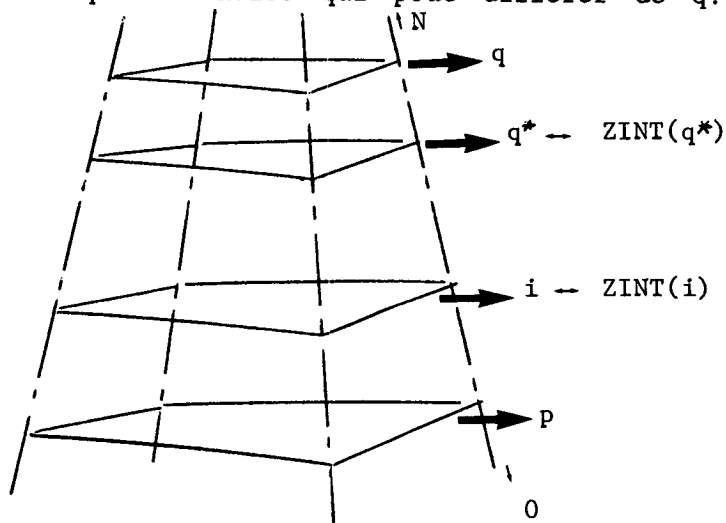


Figure 10

* interpolation linéaire équirépartie en Z.

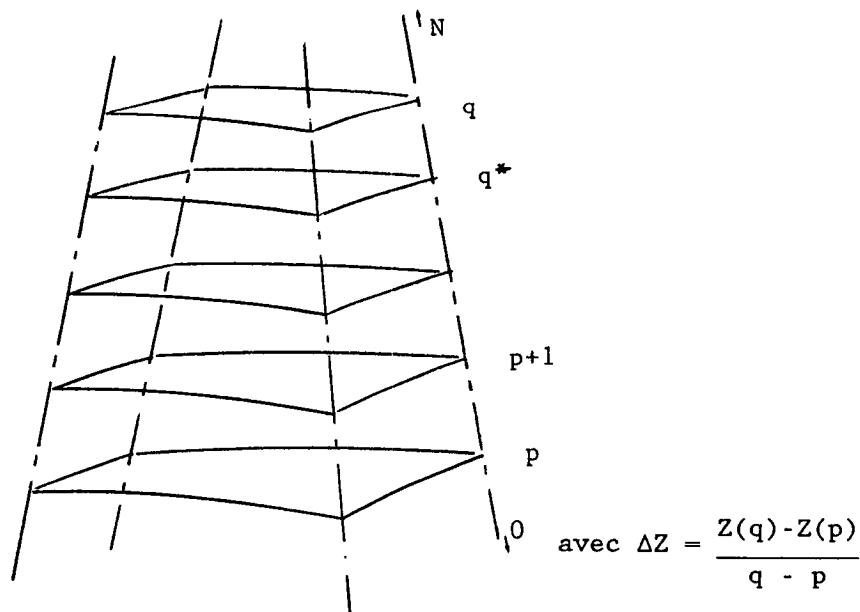


Figure 11

2.3.2.3. Définition locale

La section i est déduite de la section $i-1$ pour $i = p$ à q

* via la subroutine XYZ33 de la forme :

SUBROUTINE XYZ33 (ISEC, NUMPOIN, NREF, $X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1}, X_i, Y_i, Z_i$)

où on a en entrée :

ISEC : l'indice de section

NUMPOIN et NREF : le numéro et la référence du point 2D générique

$X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1}$: les coordonnées du point 3D de la section $i-1$

X_i, Y_i, Z_i : le résultat ; les coordonnées du point 3D de la section i

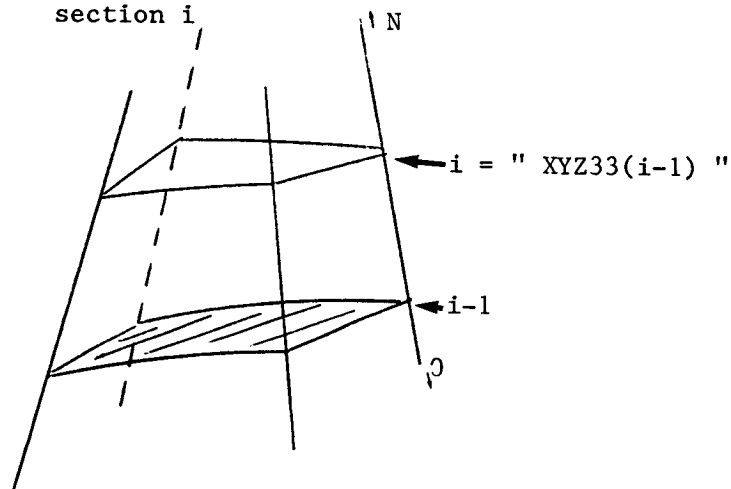


Figure 12

* via une transformation géométrique ou une combinaison de transformations décrite par sa matrice (4,4) en coordonnées homogènes.

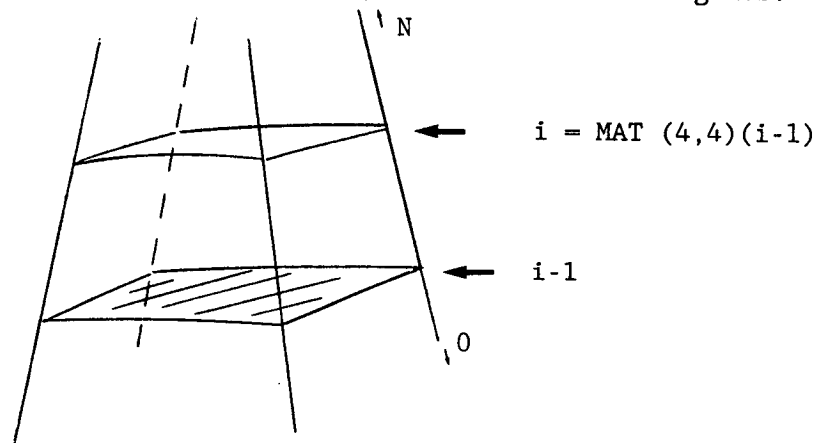


Figure 13

En résumé, la base étant définie (3.2.2.1), les sections 1 à N sont définies par paquet :

- soit à partir du maillage 2D (XYZ23)
- soit à partir de deux sections extrêmes et de la donnée d'une répartition en Z. (ZINT ou ΔZ)
- soit à partir de la section immédiatement inférieure de proche en proche par :
 - . subroutine XYZ33
 - . matrice de transformation MAT (4,4)

2.3.3. Compléments

Une option (COLLER) permet d'indiquer qu'il faut identifier les sections 0 et N (cf. Figure 2).

Une option (RAPIDE) permet de vérifier les dégénérescences lors de la construction des sections (cf. Figure 2 et § 2.2) en testant la longueur des arêtes verticales et les volumes construits.

2.4. Définition des numéros de référence et de sous-domaine

Afin d'offrir toute la souplesse nécessaire on va transférer les informations 2D au maillage 3D en indiquant :

- i) la plage d'action : de la section i à la section j
- ii) le type de transfert (TYPE)
- iii) la correspondance entre le numéro 2D à transférer et la valeur du numéro 3D à affecter

Soit NBDES le nombre de description.

On donnera pour $I = 1$ à NBDES les informations suivantes :

- (1) : section de départ
- (2) : section d'arrivée
- (3) : le type de transfert (TYPE)
- (4) : numéro 2D à considérer
- (5) : numéro 3D à associer

avec le TYPE :

- 1 : numéro de S.D. 2D \rightarrow numéro de S.D. 3D
- 2 : numéro de S.D. 2D \rightarrow référence face horizontale
- 3 : référence arête 2D \rightarrow référence face verticale
- 4 : référence arête 2D \rightarrow référence arête horizontale

- 5 : référence arête 2D → référence arête horizontale et
référence face verticale
- 6 : référence point 2D → référence arête 3D verticale
- 7 : référence point 2D → référence point 3D
- 8 : référence point 2D → référence point 3D et référence arête
verticale
- 0 : affectation d'un numéro (5) à tous les items (faces,
arêtes, points) d'une section donnée. (dans ce cas
l'information (4) n'est pas nécessaire)
- 1 : correspondance directe des numéros de références des items
2D (points et arêtes) aux items 3D des surfaces latérales.
(dans ce cas les informations (4) et (5) ne sont pas
nécessaires)

Remarque importante :

Les requêtes seront effectuées dans leur ordre de description,
ainsi il n'y a pas commutativité.

3 - UTILISATION "BATCH" DU MODULE MA2D3E

3.1. Les coordonnées 3D :

* la base ou section 0 :

X = x

Y = y

Z = ZINT (0) donné si BFONC = .FALSE.

ou

X, Y, Z = "XYZ23 (0, NUMPOIN, NREF, x, y, z)"

si BFONC = .TRUE.

* Les sections 1 à N :

Elles sont définies par paquet par la donnée des NBFONC
transformations à effectuer

boucle I = 1,NBFONC

indice de la section de départ : SECI

indice de la section d'arrivée : SECF

type de la transformation : TTYPE

TTYPE est le type de la transformation qui peut être une subroutine, une matrice (4,4) ou être prédéfinie :

TTYPE = -1 donner la matrice MAT(4,4,I) en coordonnées homogènes

TTYPE = -2 choix de XYZ23

TTYPE = -3 choix de XYZ33

TTYPE = -4 translation suivant Z à partir de la section SECI avec côte donnée dans le tableau ZINT (SECI+1, SECF)

TTYPE = -5 interpolation entre la section SECI (existante) et la section SECF définie par XYZ23 avec équirépartition en Z

TTYPE = -6 interpolation entre la section SECI (existante) et la section virtuelle SECF définie par XYZ23 pour construire les sections SECI+1 à SECF avec côte donnée dans le tableau ZINT (SECI+1, SECF)

3.2. Transfert des numéros

On donnera NBDES et le tableau entier DESREF(5,NBDES) décrit en 2.4.

3.3. Options

- recollement des sections extrêmes :

COLLER = .TRUE.

(.FALSE. sinon)

- vérification des volumes pour le test de dégénérescence :

RAPIDE = .FALSE.

(.TRUE. sinon vérification simplement de la longueur des arêtes verticales)

3.4. Appel du module MA2D3E

Le programme d'appel doit comprendre les instructions suivantes :

* déclaration du tableau de travail M de LM mis dans le common blanc

* déclaration du tableau (réel) ZINT des côtes intermédiaires dimensionné à 1 ou à NBSEC le nombre total de sections si on l'utilise pour définir des sections autre que la base

* déclaration du tableau (entier) DESREF(5,NBDES) où NBDES est le nombre de transferts à effectuer

- * déclaration des logiques BFONC, COLLER et RAPIDE
- * déclaration des external XYZ23 et XYZ33
- * déclaration du tableau (entier) NUCOU (3,NBFONC) où NBFONC est le nombre de transformations géométriques à définir
- * déclaration du tableau (réel) MAT (4,4,NBFONC) des matrices de transformations, s'il n'est pas utilisé on déclarera MAT (4,4)
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M, LM, IMPRE, NNN)
- * appel du module

CALL MA2D3E (M,M,NFNOPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,NBCOU,EPS,NBFONC,
NUCOU,MAT,COLLER,RAPIDE,DESREF,NBDES,ZINT,BFONC,XYZ23,XYZ33)

avec :

M	: le super tableau.
NF(NI)NOPO	: la S.D.E. 2D générique (fichier et niveau)
NF(NI)NOPS	: la S.D.S. 3D résultat (fichier et niveau)
NBCOU	: le nombre de <u>couches</u> (nombre de sections -1)
EPS	: le seuil de dégénérescence (en %) pour l'option de vérification des volumes (cf. RAPIDE)
NBFONC	: le nombre de transformations
NUCOU(3,NBFONC)	: la description de celles-ci (cf. 2.3.1.)
MAT(4,4,NBFONC)	: si NUCOU (3,I) = -1 donner MAT (4,4,I)
COLLER	: .TRUE. si on recolle la section 0 et la dernière. .FALSE. sinon
RAPIDE	: .FALSE. si on vérifie les volumes (avec EPS pour tolérance) .TRUE. sinon on vérifie la longueur des arêtes verticales pour ce même EPS
DESREF(N,NBDES)	: la description des transferts de numéro 2D (cf. 2.4)
NBDES	: le nombre de tels transferts
ZINT	: le tableau des côtes intermédiaires si besoin est et ZINT (1) = côte de la base si BFONC = .FALSE.
BFONC	: .TRUE. La base est définie par XYZ23 .FALSE. elle est de côte ZINT (1) et pour X et Y est identique au maillage 2D
XYZ23 et XYZ33	sont à écrire, compiler et lier si on les utilise : BFONC = .TRUE. NUCOU (3,I) = -2, -3, -5 ou -6.

3.5. Exemples d'utilisation

```

C *****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3E : TEST NUMERO 1
C *****
  PARAMETER (LM = 100000 , MAXFON = 1 , MAXSEC = 9 , MAXDES = 10 )
  COMMON M(LM)
  INTEGER NUCOU(3,MAXFON),DESREF(5,MAXDES)
  REAL MAT(4,4,MAXFON)
  REAL ZINT(0:MAXSEC)
  LOGICAL BFONC,COLLER,RAPIDE
  EXTERNAL XYZ23,XYZ33

C
  IMPRE = 5
  CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C
  ----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
  NFNPOPO = 10
  NINOPO = 1
  CALL OUVIR(NFNPOPO,'NOPO2D.MA23.1','OLD,UNFORMATTED',0,IOSTAT)
  NFNOPS = 11
  NINOPS = 2
  CALL OUVIR(NFNOPS,'NOPO3D.MA23.1','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C
  ----- TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES -----
C
  --- LA BASE :
  BFONC = .FALSE.
  ZINT(0) = 10.
C
  --- LES COTES INTERMEDIAIRES :
  NBCOU = 4
  ZINT(1) = 11.
  ZINT(2) = 12.
  ZINT(3) = 13.
  ZINT(4) = 14.5
C
  --- UNE FONCTION : UNE TRANSLATION MANUELLE
  NBFONC = 1
C
  IFONC = 1
  NUCOU(1,IFONC) = 0
  NUCOU(2,IFONC) = 4
  NUCOU(3,IFONC) = -4
C
  ----- DEFINITION DES REFERENCES -----
C
  NBDES = 6
  --- BASE : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 3 :
  IDES = 1
  DESREF(1,IDES) = 0
  DESREF(2,IDES) = 0
  DESREF(3,IDES) = 0
  DESREF(4,IDES) = -100
  DESREF(5,IDES) = 3
C
  ---
C
  --- DESSUS : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 4 :
  DESSUS : PUIS ARETE 1 (2D) ==> ARETE 7 (3D)
  DESSUS : PUIS ARETE 2 (2D) ==> ARETE 8 (3D)
  IDES = 2
  DESREF(1,IDES) = 4
  DESREF(2,IDES) = 4
  DESREF(3,IDES) = 0
  DESREF(4,IDES) = -100
  DESREF(5,IDES) = 4
  IDES = 3
  DESREF(1,IDES) = 4
  DESREF(2,IDES) = 4
  DESREF(3,IDES) = 4
  DESREF(4,IDES) = 1
  DESREF(5,IDES) = 7
  IDES = 4
  DESREF(1,IDES) = 4
  DESREF(2,IDES) = 4
  DESREF(3,IDES) = 4
  DESREF(4,IDES) = 2
  DESREF(5,IDES) = 8
C
  --- FACES VERTICALES : ARETE 1 (2D) ==> FACE 5 (3D)
  ARETE 2 (2D) ==> FACE 6 (3D)
C
  IDES = 5
  DESREF(1,IDES) = 0
  DESREF(2,IDES) = 4
  DESREF(3,IDES) = 3
  DESREF(4,IDES) = 1
  DESREF(5,IDES) = 5
  IDES = 6
  DESREF(1,IDES) = 0
  DESREF(2,IDES) = 4
  DESREF(3,IDES) = 3
  DESREF(4,IDES) = 2
  DESREF(5,IDES) = 6
C
  ----- APPEL DU MODULE -----
C
  EPS = 0.001
  COLLER = .FALSE.
  RAPIDE = .TRUE.
C
  CALL MA2D3E(M,M,NFNPOPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,NBCOU,EPS,NBFONC,
+          NUCOU,MAT,COLLER,RAPIDE,DESREF,NBDES,ZINT,BFONC,
+          XYZ23,XYZ33)
  END

```

```

M M OOO DDDD U U L EEEE FFFF
MM MM O O D D U U L E F
M M M O O D D U U L EEEE FFFF
M M O O D D U U L E F
M M OOO DDDD UUU LLLLL EEEE F VERSION 83

```

DATE : 12/10/88

AUTEUR : george

++ OPEN(10, FILE='nopo2d.ma23.1', SPEC='OLD, UNFORMATTED', RECL=0)

++ OPEN(11, FILE='nopo3d.ma23.1', SPEC='UNFORMATTED', RECL=0)

MODULE MA2D3E :

COTE DE LA BASE INFERIEURE : 0.1000000E+02

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 1

LISTE DES TRANSFORMATIONS :

SECTION 0 A 4 TYPE DE TRANSFORMATION -4

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 6

LISTE DES TRANSFERTS :

SECTION	0 A	0 TYPE DU TRANSFERT	0 :	-100	DONNE	3
SECTION	4 A	4 TYPE DU TRANSFERT	0 :	-100	DONNE	4
SECTION	4 A	4 TYPE DU TRANSFERT	4 :	1	DONNE	7
SECTION	4 A	4 TYPE DU TRANSFERT	4 :	2	DONNE	8
SECTION	0 A	4 TYPE DU TRANSFERT	3 :	1	DONNE	5
SECTION	0 A	4 TYPE DU TRANSFERT	3 :	2	DONNE	6

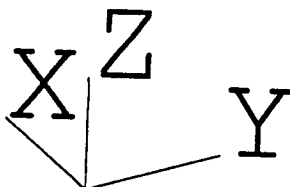
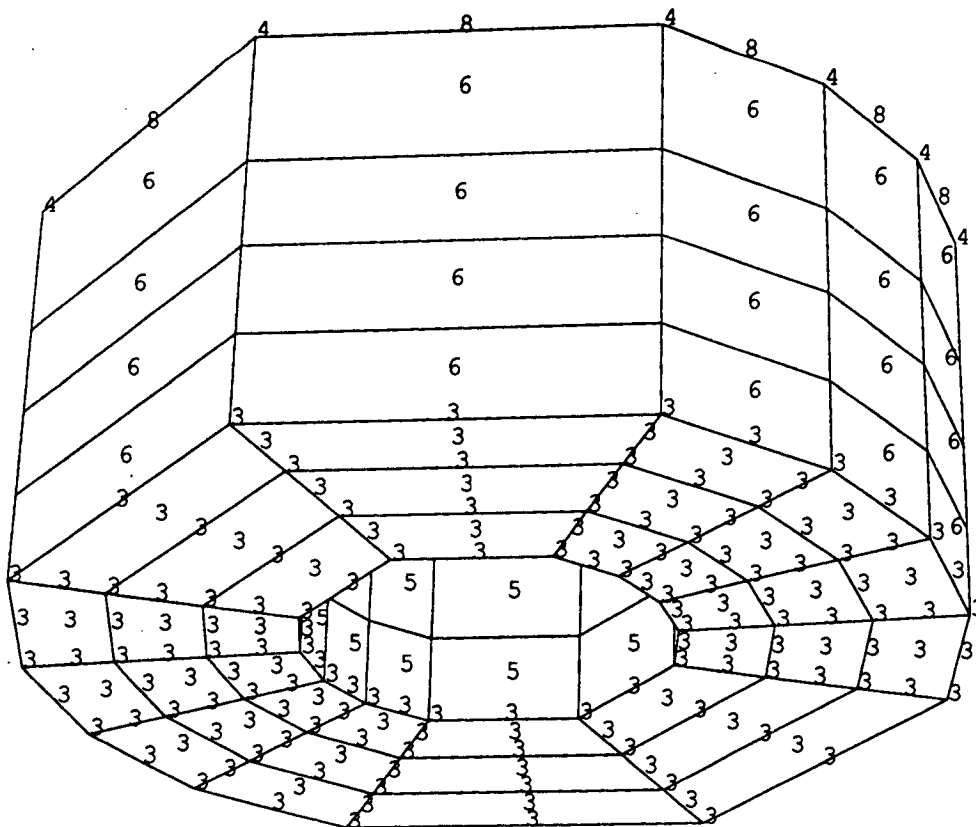
MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2

CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE	(NDIM) :	3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	8
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSD) :	1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOPNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	144
NOMBRE DE HEXAEDRES	(NHX) :	144
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	28
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	240
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	78
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	4968
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1

FIN DU MODULE MA2D3E



```

- 210 -
C *****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3E : TEST NUMERO 2
C *****
PARAMETER (LM = 100000 , MAXFON = 1 , MAXSEC = 9 , MAXDES = 10 )
COMMON M(LM)
INTEGER NUCOU(3,MXFON), DESREF(5,MXDES)
REAL MAT(4,4,MXFON)
REAL ZINT(0:MXXSEC)
LOGICAL BFONC,COLLER,RAPIDE
EXTERNAL XYZ23,XZ233

IMPRES = 5
CALL INITIS(M,LN,IMPRE,0)
----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
NFNOPO = 10
NINOPO = 1
CALL OUVRII(NFNOPU,'/UDUARDI/DIR MA23/STAR2D.NOPO',
+ 'OLD,UFORMATTEO',0,IOSTAT)
NFNOP8 = 11
NINOPS = 2
CALL OUVRII(NFNOPS,'STAR3D.NOPO','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
----- TRANSFORMATION8 GEOMETRIQUES -----
---- LA BASE :
BFONC = .FALSE.
ZINT(O) = -1.
--- LES COTES INTERMEDIAIRES :
NBCOU = 5
ZINT(1) = 0.
ZINT(2) = 2.
ZINT(3) = 4.
ZINT(4) = 6.
ZINT(5) = 7.
--- UNE FONCTION : UNE INTERPOLATION MANUELLE
ENTRE LA BASE ET LE DESSUS DEFINI PAR XZ233
POUR LA COTE 10. ( CF XZ233 )
NBFOHC = 1

IFONC = 1
NUCOU(1,IFONC) = 0
NUCOU(2,IFONC) = 5
NUCOU(3,IFONC) = -6
----- DEFINITION DES REFERENCES -----
NBDES = 5
--- BASE : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 1 :
IDES = 1
DESPEF(1,IDES) = 0
DESPEF(2>IDES) = 0
DESPEF(3>IDES) = 0
DESPEF(4>IDES) = -100
DESPEF(5>IDES) = 1
---
--- DESSUS : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 2 :
DESSUS : PUIS ARETE 1 (2D) ==> ARETE 4 (3D)
IDES = 2
DESPEF(1>IDES) = 5
DESPEF(2>IDES) = 5
DESPEF(3>IDES) = 0
DESPEF(4>IDES) = -100
DESPEF(5>IDES) = 2
IDES = 3
DESPEF(1>IDES) = 5
DESPEF(2>IDES) = 5
DESPEF(3>IDES) = 4
DESPEF(4>IDES) = 1
DESPEF(5>IDES) = 4
--- FACES VERTICALES : ARETE 1 (2D) ==> FACE 2 (3D)
ARETE 2 (2D) ==> FACE 3 (3D)
IDES = 4
DESPEF(1>IDES) = 0
DESPEF(2>IDES) = 5
DESPEF(3>IDES) = 3
DESPEF(4>IDES) = 1
DESPEF(5>IDES) = 2
IDES = 5
DESPEF(1>IDES) = 0
DESPEF(2>IDES) = 5
DESPEF(3>IDES) = 3
DESPEF(4>IDES) = 2
DESPEF(5>IDES) = 3
----- APPEL DU MODULE -----
EPS = 0.001
COLLER = .FALSE.
RAPIDE = .TRUE.

CALL MA2D3E(M,M,NFNOPU,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,NBCOU,EPS,NBFOHC,
+ NUOU,MAT,COLLER,RAPIDE,DESPEF,NBDES,ZINT,BFOHC,
+ XZ233,XZ233)
END

SUBROUTINE XY223
SUBROUTINE XY223(I,NUM,NREF,X,Y,Z,X3,Y3,Z3)
X3 = X / 4.
Y3 = Y / 4.
Z3 = 10.
END
```

BS test.ma5

```

M M   OOO   DDDD   U U   L   EEEEE   FFFFF
MM MM  O  O  D  D  U  U   L   E     F
M M M  O  O  D  D  U  U   L   EEEE   FFFF
M M   O  O  D  D  U  U   L   E     F
M M   OOO   DDDD   UUU   LLLLL   EEEEE   F   VERSION 87
  
```

```

DATE : 12/10/88
AUTEUR : george
++ OPEN(10,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/star2d.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
++ OPEN(11,FILE='star3d.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)
*****
MODULE MA2D3E :
*****
  
```

```

COTE DE LA BASE INFERIEURE : -0.1000000E+01

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 1
LISTE DES TRANSFORMATIONS :
SECTION      0 A      5 TYPE DE TRANSFORMATION      -6

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS      : 5
LISTE DES TRANSFERTS :
SECTION      0 A      0 TYPE DU TRANSFERT      0 : -100 DONNE      1
SECTION      5 A      5 TYPE DU TRANSFERT      0 : -100 DONNE      2
SECTION      4 A      5 TYPE DU TRANSFERT      4 : 1 DONNE      4
SECTION      0 A      5 TYPE DU TRANSFERT      3 : 1 DONNE      2
SECTION      0 A      5 TYPE DU TRANSFERT      3 : 2 DONNE      3
  
```

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2

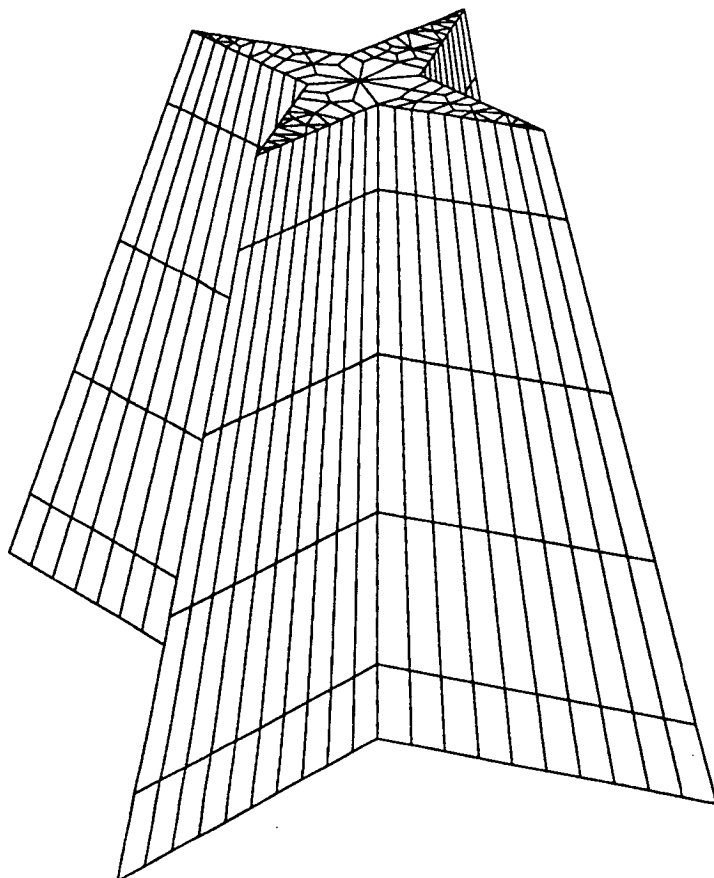
CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

```

DIMENSION DE L'ESPACE      (NDIM ) : 3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE (NDSR ) : 2
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES (NDSO ) : 1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT (NCOPNP) : 1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE (NE ) : 495
NOMBRE DE PENTAEDRES (NPENT) : 250
NOMBRE DE HEXAEDRES (NHEX ) : 245
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS (NEF ) : 0
NOMBRE DE NOEUDS (NOE ) : 690
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES) : 0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES (NTYCOO) : REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT : 224
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS (NBEGM ) : 0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5 (LNOP5 ) : 10186
AXES DE REFERENCE X,Y,Z (NTACOO) : 1
  
```

```

*****
FIN DU MODULE MA2D3E
*****
  
```



```

690 POINTS
1659 FACES
495 VOLUMES
250 PENTAEDRES
245 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE (S) O
1 COMPOSANTE (S) F
  
```

```

C *****
C EXEMPLE D'APPEL DU MODULE MA2D3E : TEST NUMERO 3
C *****
C   PARAMETER (LM = 100000 , MAXFON = 2 , MAXSEC = 9 , MAXDES = 10 )
C   COMMON M(LM)
C   INTEGER NUCOU(3,MAXFON),DESREF(5,MAXDES)
C   REAL    MAT(4,4,MAXFON)
C   REAL    ZINT(0:MAXSEC)
C   LOGICAL BFONC,COLLER,RAPIDE
C   EXTERNAL XYZ23,XYZ33
C
C   IMPRE = 5
C   CALL INITIS(M,LM,IMPRE,0)
C   ----- LA SD E NOPO ET LA SD S NOPO -----
C   NFNPOPO = 10
C   NINOPO = 1
C   CALL OUVRIIR(NFNPOPO,'/UDD/ARDI/DIR_MA23/STAR2D.NOPO',
C + 'OLD,UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   NFNOPS = 11
C   NINOPS = 2
C   CALL OUVRIIR(NFNOPS,'STAR3D.NOPO','UNFORMATTED',0,IOSTAT)
C   ----- TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES -----
C   -----
C   --- LA BASE :
C   BFONC = .FALSE.
C   ZINT(0) = -1.
C   --- LES COTES INTERMEDIAIRES :
C   NBCOU = 9
C   ZINT(1) = 0.
C   ZINT(2) = 2.
C   ZINT(3) = 4.
C   ZINT(4) = 6.
C   ZINT(5) = 7.
C   --- UNE FONCTION : UNE INTERPOLATION MANUELLE
C   ENTRE LA BASE ET LE DESSUS DEFINI PAR XYZ23
C   POUR LA COTE 10. ( CF XYZ23 )
C   POUR CONSTRUIRE LES SECTIONS 1 A 5
C   NBFONC = 2
C
C   IFONC = 1
C   NUCOU(1,IFONC) = 0
C   NUCOU(2,IFONC) = 5
C   NUCOU(3,IFONC) = -6
C   --- UNE FONCTION : DEFINITION LOCALE PAR XYZ23
C   POUR CONSTRUIRE LES SECTIONS 6 A 9
C   IFONC = 2
C   NUCOU(1,IFONC) = 5
C   NUCOU(2,IFONC) = 9
C   NUCOU(3,IFONC) = -3
C   -----
C   ----- DEFINITION DES REFERENCES -----
C   -----
C   NBDES = 2
C   --- BASE : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 1 :
C   IDES = 1
C   DESREF(1,IDES) = 0
C   DESREF(2,IDES) = 0
C   DESREF(3,IDES) = 0
C   DESREF(4,IDES) = -100
C   DESREF(5,IDES) = 1
C   ---
C   --- DESSUS : FACES ARETES ET POINTS MIS A LA REFERENCE 2 :
C   IDES = 2
C   DESREF(1,IDES) = 9
C   DESREF(2,IDES) = 9
C   DESREF(3,IDES) = 0
C   DESREF(4,IDES) = -100
C   DESREF(5,IDES) = 2
C   -----
C   ----- APPEL DU MODULE -----
C   -----
C   EPS = 0.001
C   COLLER = .FALSE.
C   RAPIDE = .TRUE.
C
C   CALL MA2D3E(M,M,NFNPOPO,NINOPO,NFNOPS,NINOPS,NBCOU,EPS,NBFONC,
C + NUCOU,MAT,COLLER,RAPIDE,DESREF,NBDES,ZINT,BFONC,
C + XYZ23,XYZ33)
C   END
C
C *****
C SUBROUTINE XYZ23
C *****
C SUBROUTINE XYZ23(I,NUM,NREF,X,Y,Z,X3,Y3,Z3)
C
C   X3 = X / 4.
C   Y3 = Y / 4.
C   Z3 = 10.
C   END
C
C *****
C SUBROUTINE XYZ33
C *****
C SUBROUTINE XYZ33(I,NUM,NREF,X,Y,Z,X3,Y3,Z3)
C
C   X3 = 0.20 * I * X
C   Y3 = 0.20 * I * Y
C   Z3 = Z + 1.25
C   END

```

```

M M   OOO   DDDD   U U   L   EEEEE   FFFFF
MM MM  O O   D D   U U   L   E       F
M M M  O O   D D   U U   L   EEEEE   FFFF
M M M  O O   D D   U U   L   E       F
M M   OOO   DDDD   UUU   LLLL   EEEEE   F   VERSION 87

```

DATE : 12/10/88

AUTEUR : george

++ OPEN(10,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/star2d.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)

++ OPEN(11,FILE='star3d.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

MODULE MA2D3E :

COTE DE LA BASE INFERIEURE : -0.1000000E+01

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 2

LISTE DES TRANSFORMATIONS :

```

SECTION 0 A 5 TYPE DE TRANSFORMATION -6
SECTION 5 A 9 TYPE DE TRANSFORMATION -3

```

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 2

LISTE DES TRANSFERTS :

```

SECTION 0 A 0 TYPE DU TRANSFERT 0 : -100 DONNE 1
SECTION 9 A 9 TYPE DU TRANSFERT 0 : -100 DONNE 2

```

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2

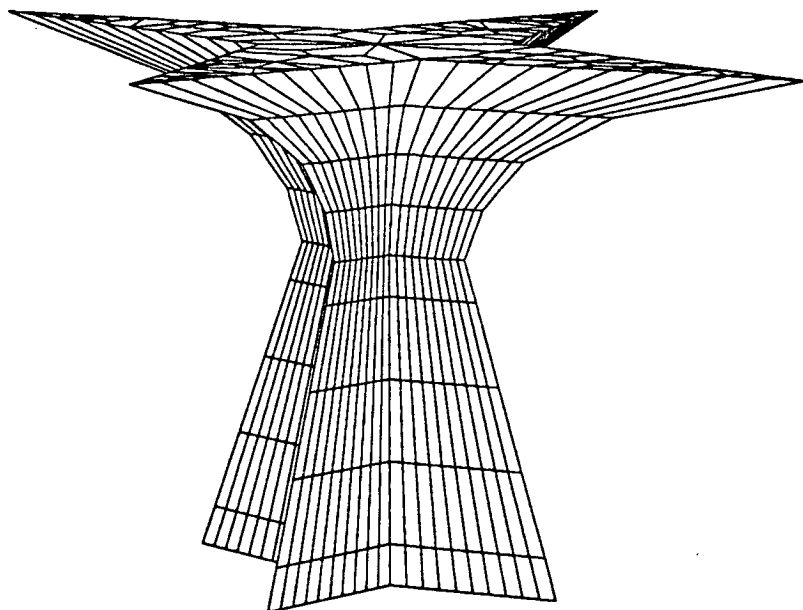
CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

```

DIMENSION DE L'ESPACE (NDIM) : 3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE (NDSR) : 2
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES (NDSD) : 1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT (NCOPNP) : 1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE (NE) : 891
NOMBRE DE PENTAEDRES (NPENT) : 450
NOMBRE DE HEXAEDRES (NHEX) : 441
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS (NEF) : 0
NOMBRE DE NOEUDS (NOE) : 1150
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES) : 0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES (NTYCOO) : REEL1MOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT : 224
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS (NBEGM) : 0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5 (LNOP5) : 16911
AXES DE REFERENCE X,Y,Z (NTACOO) : 1

```

FIN DU MODULE MA2D3E



```

1150 POINTS
2907 FACES
891 VOLUMES
450 PENTAEDRES
441 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

```

4 - UTILISATION "CONVERSATIONNELLE" DU MODULE MA2D3E

Le préprocesseur MA23XX permet l'appel du module MA2D3E de manière plus facile qu'en mode "batch". Le mot clé 'MA23' du module APNOP3 (cf. section 2) permet également l'utilisation du mailleur sous forme conversationnelle.

On commence par créer un fichier de données qui contient des valeurs nécessaires à l'exécution. Le principe des mots-clés est utilisé.

Plus précisément après avoir décrit la S.D. 2D générique (le nom du fichier où elle réside) et définit la S.D. 3D à créer (le nom de son fichier à remplir) l'utilisateur doit, à l'aide de mots-clés définir ses choix concernant :

- i) la géométrie
- ii) les numéros de S.D. et de références à affecter
- iii) les options complémentaires éventuelles

4.1. Définition de la géométrie

Pour un ensemble de sections on peut sélectionner les mots-clés suivants :

BASE	: définition de la base
TRAN	: translation de vecteur (T_X , T_Y , T_Z) de la section $i+1$ (i donnée, section existante) à la section j donnée
ROTA	: rotation d'angle (θ_x , θ_y , θ_z) autour de l'axe (A_x , A_y , A_z), un point fixe étant donné pour construire les sections $i+1$ à j à partir de la section i
DILA	: dilatation anisotropique (α_x , α_y , α_z) autour d'un point fixe donné pour construire les sections $i+1$ à j; i étant donné
COMBINE	: combinaison de plusieurs des 3 fonctions ci-dessus exemple : TRAN COMBINE ROTA aura l'effet d'une torsion
MTRAN	: translation verticale avec définition manuelle (tableau ZINT) des côtes des sections $i+1$ à j, à partir de la section i donnée

INTER : interpolation entre les sections i et j avec équidistances en Z, on crée les sections i+1 à j, la section j virtuelle est définie par XYZ23

MINTER : idem mais les côtes des sections i+1 à j sont données dans le tableau ZINT

XYZ23 : on utilisera la subroutine XYZ23 ou sa fonction interprétée pour définir les sections i+1 à j (i et j donnés), ainsi les sections créées sont déduites du maillage 2D

XYZ33 : on utilisera de même la subroutine XYZ33 ou sa forme interprétée pour définir de proche en proche les sections i+1 à j (i et j donnés), la section i+1 est l'image de la section i, i+2 est celle de i+1...

Dès que le tableau ZINT est utilisé on devra utiliser le mot clé :

TABL : pour déclarer et créer un tableau dynamique de longueur le nombre total de sections de l'objet entier

et

MANU : pour remplir ce tableau entre les indices de sections voulus

De plus on peut utiliser :

ANNULE : pour annuler la dernière requête

ANNULE-TOUT : pour annuler tout ce qui précède

ANNULE-COMBINE: pour annuler la requête COMBINE

et pour finir :

FIN : fin de la définition de la géométrie

4.2. Définition des numéros

Le mot-clé REF permet d'activer ce type d'action : ensuite le type de transfert est repéré par le ou les mots-clés choisis dans la liste ci-dessous :

SDSD : SD 2D → SD 3D

SDFA : SD 2D → face horizontale

ARFA : arête 2D → face verticale

ARAR : arête 2D → arête 3D horizontale

ARAF : arête 2D → face verticale et arête 3D horizontale

POPO : point 2D → point 3D

POAR : point 2D → arête verticale

POPA : point 2D → point 3D et arête verticale
FASU : tous les items de la face supérieure sont mis à une valeur donnée
FAIN : idem pour la base
GLOB : correspondance directe des numéros de références 2D aux surfaces latérales de l'objet 3D dégénéré

avec :

ANNULE : pour annuler la dernière requête
ANNULE-TOUT : pour tout annuler (dans REF)

et enfin :

FIN : pour indiquer la fin des descriptions

4.3. Options supplémentaires

VERVOL : vérification des volumes (test de dégénérescence (par défaut, vérification simplement des arêtes verticales))
EPS : tolérance (par défaut 1%)
COLLER : recollement de la base et de la section supérieure (par défaut pas de recollement)
NON-VERVOL : pour annuler VERVOL
NON-COLLER : pour annuler COLLER
GO : pour lancer l'exécution (il est préférable de fait de finir d'abord puis d'exécuter le module avec le fichier de données créé)

et enfin :

FIN : fin de la constitution du fichier de données

4.4. Exemple commenté

Afin d'illustrer les possibilités du préprocesseur et sa facilité d'emploi nous allons donner un exemple académique. (il n'y a pas unicité dans la façon de construire ce maillage 3D).

On part d'une couronne 2D et on va créer, sections par sections un maillage 3D.

Donnons d'abord le schéma de la définition de la géométrie 3D (Figure 14).

section 12 à 16 : on construit les sections 13 à 16 comme image de la couronne 2D via la fonction XYZ23

section 16 à 17 : on construit les sections 17 à partir de la 16 par dilatation

section 17 à 20 : on construit 18 comme image de 17 via XYZ33, et ainsi de suite jusqu'à la section 20

section 20 à 22 : la section 21 est la dilatée de la section 20 ci-dessus, 22 est celle de 21 ainsi définie

Fin de la description de la géométrie

voir pages suivantes, la partie du fichier de données correspondante et le résultat.

'TEST 1 MA2D3E

COURBES

1

COURBE01 (X,Y) =
X*X+Y*Y-4.;

COURBE02 (X,Y) =
X*X+Y*Y-25.;

FIN

'POINTS

\$	NOP	NOREF (NOP)	X(NOP)	\$ IMPRE	NPOINT	\$	Y(NOP)	\$
1	1	1	-.200000E+01	0.000000E+00				
2	1	1	0.200000E+01	0.000000E+00				
3	2	2	0.500000E+01	0.000000E+00				
4	2	2	-.500000E+01	0.000000E+00				

'LIGNES

\$	NOLIG	NOELIG	NEXTR1	NEXTR2	NOREFL	NFFRON	\$ IMPRE	NDLM	\$	RAISON	\$
1	1	7	2	1	1	10	0.100000E+01				
2	2	4	2	3	0	0	0.100000E+01				
3	3	7	3	4	2	10	0.100000E+01				
4	4	4	4	1	0	0	0.100000E+01				

'QUAC

\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NS1L

\$ LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :

1 2 3 4

7 1

'SYMD

\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
\$ NBNNF NBNSD
\$ A. B. C.

'RECO

\$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT

1 0 0 2 1 0.10000E-02 1

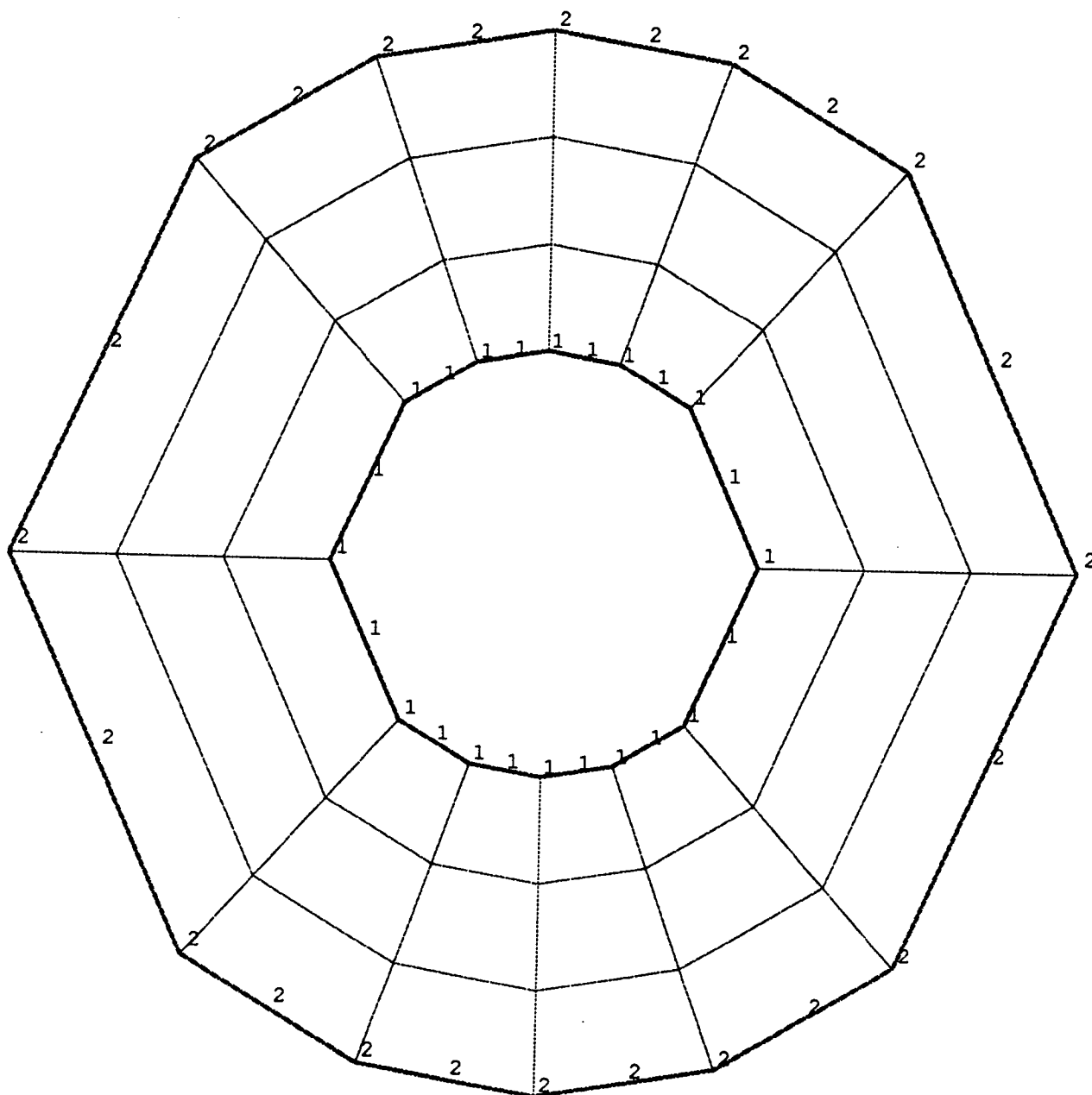
'SAUV

\$ IMPRE NINOPO NTNPOPO

NOPO2D.MA23.1

\$ NOM FICHER

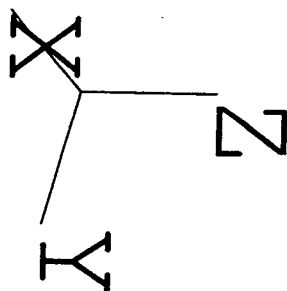
'FIN



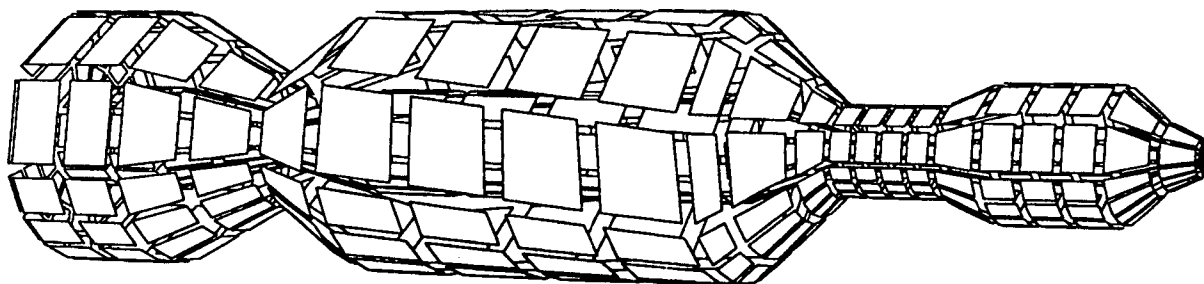
```

5
$ IMPRE
NOPO2D.MA23.1$ NOMF2D
FUSEE.3D$ NOMF3D
$ === DEFINITION DE LA FONCTION ===
TRAN
2
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.2500000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
INTERPOLE $ VECTEUR TRANSLATION
4
1 $ SECTION SUPERIEURE
$ VIA F. INTERPRETEE
X02(N,X,Y)=
X/2.;
Y02(N,X,Y)=
Y/2.;
Z02(N,X,Y)=
10.;
FIN
DILA
5
0.2000000E+01 0.2000000E+01 0.2000000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.6000000E+01 $ COEF DE DILATATION
$ LE POINT FIXE
TRAN
9
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.4000000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
COMBINE $ VECTEUR TRANSLATION
ROTA
0.5000000E+01 $ ANGLE DE ROTATION
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 $ UN POINT DE L'AXE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.1000000E+01 $ AXE DE ROTATION
TABLEAU 23
MANU 10 12 $ ADRESSAGE MANUEL DU TABLEAU ZINT
31.00000
33.00000
34.00000
MINTERPOLE
12
1 $ SECTION SUPERIEURE
$ VIA F. INTERPRETEE
X05(N,X,Y)=
X/3.;
Y05(N,X,Y)=
Y/3.;
Z05(N,X,Y)=
34.;
FIN
XYZ23
16
1 $ SECTION SUPERIEURE
$ VIA F. INTERPRETEE
X06(N,X,Y)=
X/3.;
Y06(N,X,Y)=
Y/3.;
Z06(N,X,Y)=
N+22.;
FIN
DILA
17
0.1500000E+01 0.1500000E+01 0.1300000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.3100000E+02 $ COEF DE DILATATION
$ LE POINT EIXE
XYZ33
20
1 $ SECTION SUPERIEURE
$ VIA F. INTERPRETEE
X08(X,Y,Z)=
X;
Y08(X,Y,Z)=
Y;
Z08(X,Y,Z)=
Z+1.5;
FIN
DILA
22
0.5000000E+00 0.5000000E+00 0.09000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.6000000E+02 $ COEF DE DILATATION
$ LE POINT FIXE
FIN

```



1104	POINTS
2676	FACES
792	VOLUMES
792	HEXAEDRES
1	COMPOSANTE(S) O
1	COMPOSANTE(S) F



Ensuite on définit les transferts de numéros 2D vers l'objet 3D :

- des sections 0 à 22, le S.D. 2D de numéro 1 se transforme en le S.D. 3D de numéro 1.
- des sections 0 à 5, la référence d'arête 2D de numéro 2 devient la référence de face 3D de numéro 1.
- des sections 5 à 22, idem pour 2 qui donne 2.
- des sections 0 à 22, idem pour 1 qui donne 5.

La section de base voit ces items mis à la référence 3, celle du haut voit les siens mis à la référence 4.

Voir pages suivantes, la partie du fichier de données correspondante puis le tracé du résultat.

\$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION

\$ ===== LES OPTIONS =====

\$ === DESCRIPTION DES REFERENCES ===

REF

SDSD 0 22 1 1

ARFA 0 5 2 1

ARFA 5 22 2 2

ARFA 0 22 1 5

FAIN 3

FASU 4

F

\$ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D

\$ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D

\$ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D

\$ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D

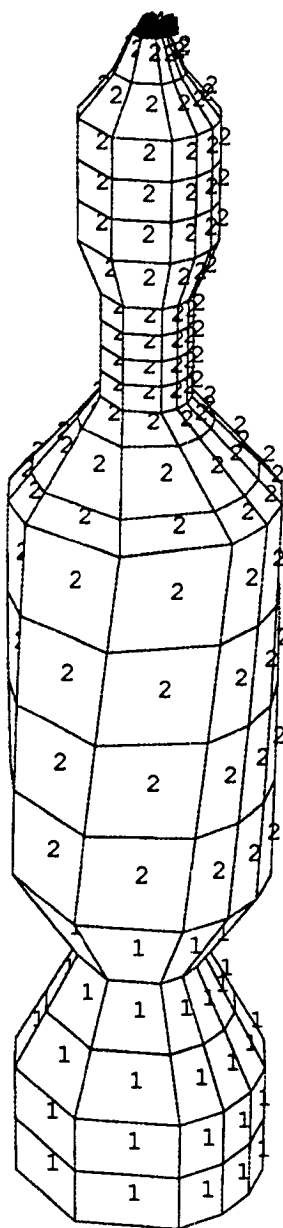
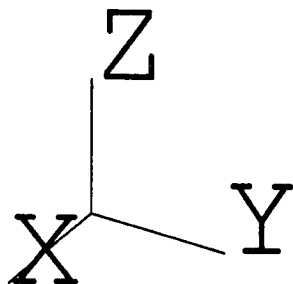
\$ TYPE : NUMERO AFFECTE

\$ TYPE : NUMERO AFFECTE

\$ FIN DE DESCRIPTION DES REFERENCES

\$ ===== APPEL DU MAILLEUR =====

GO



1104 POINTS

2676 FACES

792 VOLUMES

792 HEXAEDRES

1 COMPOSANTE(S) O

1 COMPOSANTE(S) F

4.5. Exemples d'utilisation

Nous donnons ci-dessous quelques exemples en fournissant le maillage 2D et sa transformation en un maillage 3D ; le fichier de données 3D (création des données nécessaires) est également joint ainsi que le listing de l'exécution (IMPRE = 5).

```

5                                     $ IMPRE
    /UDD/ARDI/DIR_MA23/ROUE2.NOPO$ NOMF2D
                                ENG3D.NOPO$ NOMF3D
$ === DEFINITION DE LA FONCTION ===
TRAN
5                                     $ SECTION SUPERIEURE
    0.0000000E+00  0.0000000E+00  0.4000000E+00  $ VECTEUR TRANSLATION
COMBINE
ROTA
    0.2000000E+01                                     $ ANGLE DE ROTATION
    0.0000000E+00  0.0000000E+00  0.0000000E+00  $ UN POINT DE L'AXE
    0.0000000E+00  0.0000000E+00  0.1000000E+01  $ AXE DE ROTATION
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ===== LES OPTIONS =====
$ === DESCRIPTION DES REFERENCES ===
REF
ARFA      1      4      3      3      $ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D
ARFA      1      4      2      1      $ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D
ARFA      0      5      4      2      $ TYPE : DE .. A .. , .. 2D DONNE .. 3D
FIN
$ FIN DE DESCRIPTION DES REFERENCES
$ ===== APPEL DU MAILLEUR =====
GO

```

=====

EXEMPLE : MAILLAGE DE L'ENGRENAGE A PARTIR DE ROUE2.NOPO
(TRANSLATION COMBINEE AVEC UNE ROTATION)

=====

B\$ ma23xx
 ~~~~~  
 APPEL DU MAILLEUR 3D PAR EMPILEMENT DE COUCHES 2D  
 ~~~~~

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

C
 NOM DU FICHIER DE COMMANDES A CREER ?
 ENG3D.DATA
 TAUX D'IMPRESSION ENTRE 0 ET 10 (I) IMPRE
 5
 NOM DU FICHIER CONTENANT LA S.D.E. NOPO 2D (A) NOMFIC2
 /UDD/ARDI/DIR_MA23/ROUE2.NOPO
 ++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/roue2.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
 NOM DU FICHIER POUR LA S.D.S. NOPO 3D (A) NOMFIC3
 ENG3D.NOPO
 ++ OPEN(12,FILE='eng3d.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

** DEFINITION D'UNE FONCTION **

MOT CLE (OU HELP) ?
 TRAN
 DE LA SECTION 0 A QUELLE SECTION (I) SECTION
 5
 PREMIERE COMPOSANTE DE LA TRANSLATION (R) VX
 DEUXIEME COMPOSANTE (R) VY
 TROISIEME COMPOSANTE (R) VZ
 -- VX. VY. VZ. ?

0. 0. .4
 MOT CLE (OU HELP) ?
 COMBINE
 >> ATTEND LA COMBINAISON AVEC LA PROCHAINE FONCTION
 MOT CLE (OU HELP) ?

ROTA
 ANGLE DE ROTATION EN DEGRES (R) TETA
 ABSCISSE D'UN POINT DE L'AXE DE ROTATION (R) X
 SON ORDONNEE (R) Y
 SA COTE (R) Z
 COMPOSANTE EN X DE L'AXE DE ROTATION (R) VX
 COMPOSANTE EN Y (R) VY
 COMPOSANTE EN Z (R) VZ
 -- TETA. X. Y. Z. VX. VY. VZ. ?

2. 0. 0. 0. 0. 0. 1.
 MOT CLE (OU HELP) ?

FIN
 >> [OPTIONS] / GO / HELP
 REF

** TRANSFERTS DES REFERENCES ET SOUS DOMAINES **

MOT CLE (OU HELP) ?
 ARFA
 ** INTERVALLE DE SECTIONS A CONSIDERER :
 SECTION INFERIEURE (I) NSINF
 SECTION SUPERIEURE (I) NSSUP
 1 4
 NOMBRE DE NUMEROS 2D A TRANSFERER (I) NBRE2D
 2
 NUMERO A CONSIDERER (I) NUMOLD
 3
 NUMERO A AFFECTER (I) NUMNEW
 3
 NUMERO A CONSIDERER (I) NUMOLD
 2
 NUMERO A AFFECTER (I) NUMNEW

1
 MOT CLE (OU HELP) ?
 ARFA
 ** INTERVALLE DE SECTIONS A CONSIDERER :
 SECTION INFERIEURE (I) NSINF
 SECTION SUPERIEURE (I) NSSUP
 0 5
 NOMBRE DE NUMEROS 2D A TRANSFERER (I) NBRE2D
 1
 NUMERO A CONSIDERER (I) NUMOLD
 4 2
 NUMERO A AFFECTER (I) NUMNEW
 MOT CLE (OU HELP) ?

FIN
 >> [OPTIONS] / GO / HELP
 FIN

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

E
 NOM DU FICHIER DE COMMANDES A EXECUTER ?
 ENG3D.DATA
 ++ OPEN(10,FILE='eng3d.data',SPEC='OLD',RECL=0)
 ++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/roue2.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
 ++ OPEN(12,FILE='eng3d.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)
 S.D.E. NOPO 2D : /UDD/ARDI/DIR_MA23/ROUE2.NOPO
 S.D.S. NOPO 3D : ENG3D.NOPO
 NOMBRE DE COUCHES : 5
 ~~~~~  
 MODULE MA2D3E :  
 ~~~~~  
 COTE DE LA BASE INFERIEURE : 0.0000000E+00

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 1
 LISTE DES TRANSFORMATIONS :
 SECTION 0 A 5 TYPE DE TRANSFORMATION -1
 NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 3
 LISTE DES TRANSFERTS :
 SECTION 1 A 4 TYPE DU TRANSFERT 3 : 3 DONNE 3
 SECTION 1 A 4 TYPE DU TRANSFERT 3 : 2 DONNE 1
 SECTION 0 A 5 TYPE DU TRANSFERT 3 : 4 DONNE 2

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2

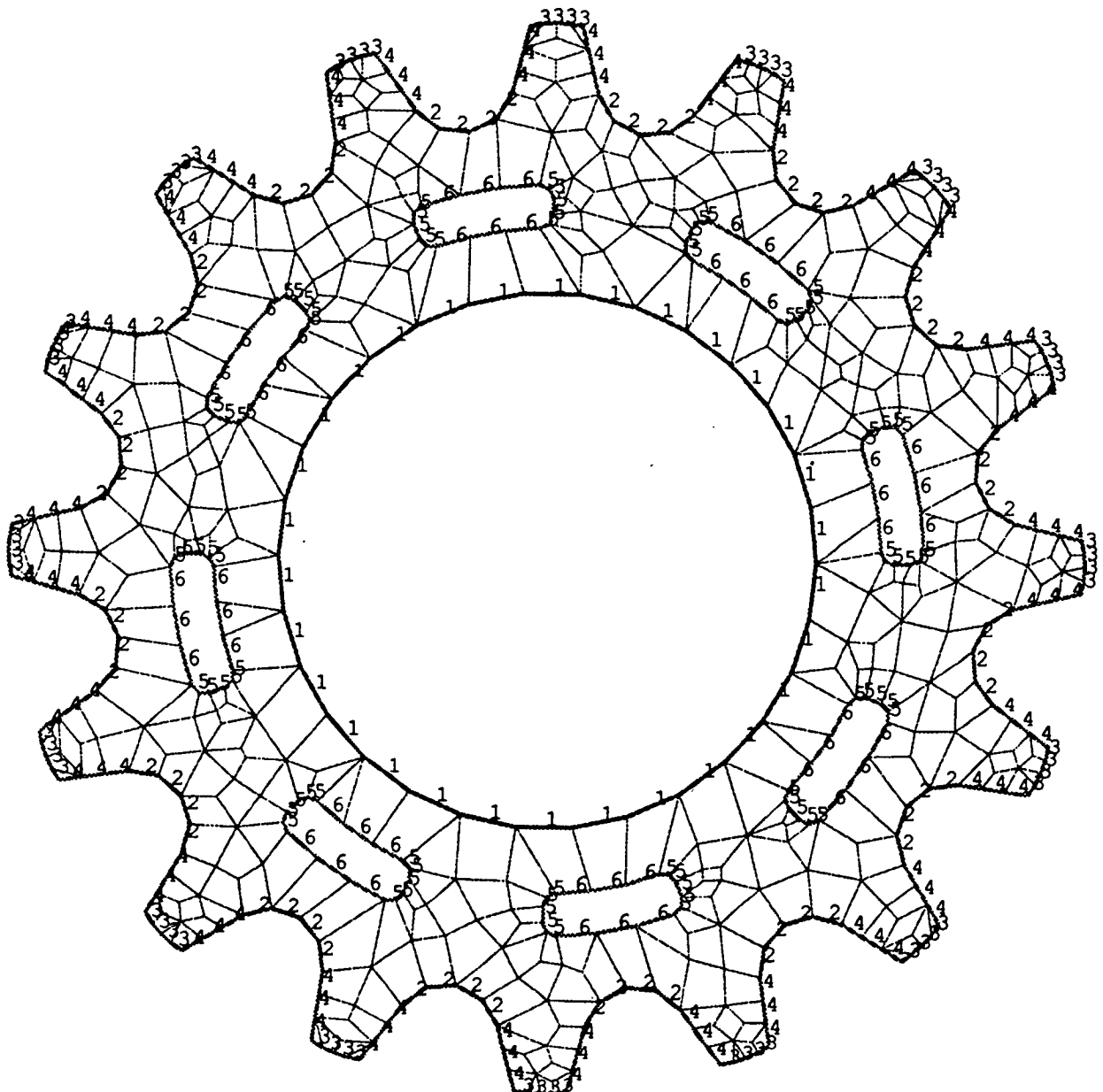
CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

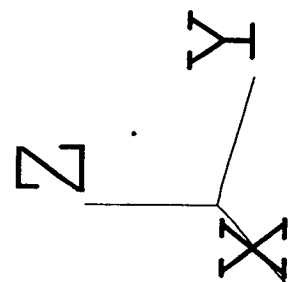
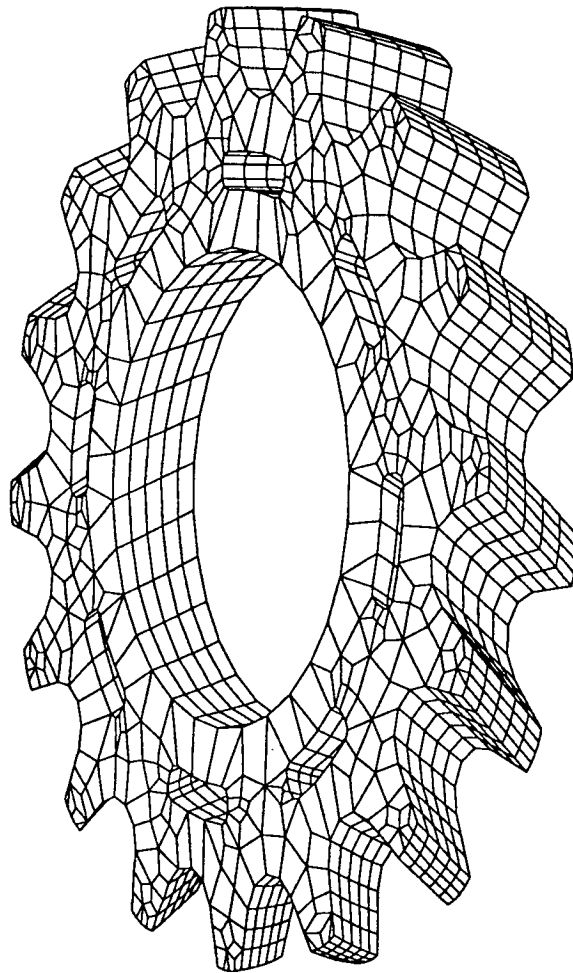
DIMENSION DE L'ESPACE (NDIM) : 3
 NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE (NDSR) : 3
 NOMBRE DE SOUS-DOMAINES (NDSO) : 1
 NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT (NCOPNP) : 1
 NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE (NE) : 2240
 NOMBRE DE PENTAEDRES (NPENT) : 150
 NOMBRE DE HEXAEDRES (NHEX) : 2090
 NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS (NEF) : 354
 NOMBRE DE NOEUDS (NOE) : 3696
 NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITE) : 0
 TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES (NTYCOO) : REELIMOT
 DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT : 1183
 NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS (NBEGM) : 0
 NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5 (LNOP5) : 46704
 AXES DE REFERENCE X,Y,Z (NTACOO) : 1

 FIN DU MODULE MA2D3E

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

F





MODULEF : george

12/10/88

eng3d.nopo

3696 POINTS
8048 FACES
2240 VOLUMES
150 PENTAEDRES
2090 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL :
-10. -10. 0.00
POINT MAXIMAL :
10. 10. 2.0

OBSERVATEUR CARTESIEN :
61. 35. 42.
POINT REGARDE :
-0.48E-06 0.48E-06 1.0

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 82.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE

```
5                                     $ IMPRE
/UDD/ARDI/DIR_MA23/PISTON.SEC.NOPO$ NOMF2D
                                PISTON.NOPO$ NOMF3D
$ === DEFINITION DE LA FONCTION ===
ROTA
  36                                $ SECTION SUPERIEURE
  0.10000000E+02                    $ ANGLE DE ROTATION
  0.00000000E+00 0.00000000E+00 0.00000000E+00 $ UN POINT DE L'AXE
  0.00000000E+00 0.10000000E+01 0.00000000E+00 $ AXE DE ROTATION
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ===== LES OPTIONS =====
COLLER
$ ===== APPEL DU MAILLEUR =====
GO
```

=====

EXEMPLE : MAILLAGE D'UN PISTON A PARTIR DE PISTON.SEC.NOPO
(ROTATION ET RECOLLEMENT DES SECTIONS EXTREMES)

=====

B\$ ma23xx

APPEL DU MAILLEUR 3D PAR EMPILEMENT DE COUCHES 2D

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

C

NOM DU FICHIER DE COMMANDES A CREER ?

PISTON.DATA

TAUX D'IMPRESSION ENTRE 0 ET 10

(I) IMPRE

5

NOM DU FICHIER CONTENANT LA S.D.E. NOPO 2D (A) NOMFIC2

/UDD/ARDI/DIR_MA23/PISTON.SEC.NOPO

++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/piston.sec.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)

NOM DU FICHIER POUR LA S.D.S. NOPO 3D (A) NOMFIC3

PISTON.NOPO

++ OPEN(12,FILE='piston.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

** DEFINITION D'UNE FONCTION **

MOT CLE (OU HELP) ?

ROTA

DE LA SECTION 0 A QUELLE SECTION

(I) SECTION

36

ANGLE DE ROTATION EN DEGRES

(R) TETA

ABSCISSE D'UN POINT DE L'AXE DE ROTATION

(R) X

SON ORDONNEE

(R) Y

SA COTE

(R) Z

COMPOSANTE EN X DE L'AXE DE ROTATION

(R) VX

COMPOSANTE EN Y

(R) VY

COMPOSANTE EN Z

(R) VZ

-- TETA. X. Y. Z. VX. VY. VZ. ?

10. 0. 0. 0. 0. 1. 0.

MOT CLE (OU HELP) ?

FIN

>> [OPTIONS] / GO / HELP

COLLER

>> [OPTIONS] / GO / HELP

FIN

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

E

NOM DU FICHIER DE COMMANDES A EXECUTER ?

PISTON.DATA

++ OPEN(10,FILE='piston.data',SPEC='OLD',RECL=0)

++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/piston.sec.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)

++ OPEN(12,FILE='piston.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

S.D.E. NOPO 2D : /UDD/ARDI/DIR_MA23/PISTON.SEC.NOPO

S.D.S. NOPO 3D : PISTON.NOPO

NOMBRE DE COUCHES : 36

RECOLLEMENT DES EXTREMITES

MODULE MA2D3E :

COTE DE LA BASE INFERIEURE : 0.0000000E+00

RECOLLEMENT DES SECTIONS EXTREMES

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 1

LISTE DES TRANSFORMATIONS :

SECTION 0 A 36 TYPE DE TRANSFORMATION -1

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 0

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2

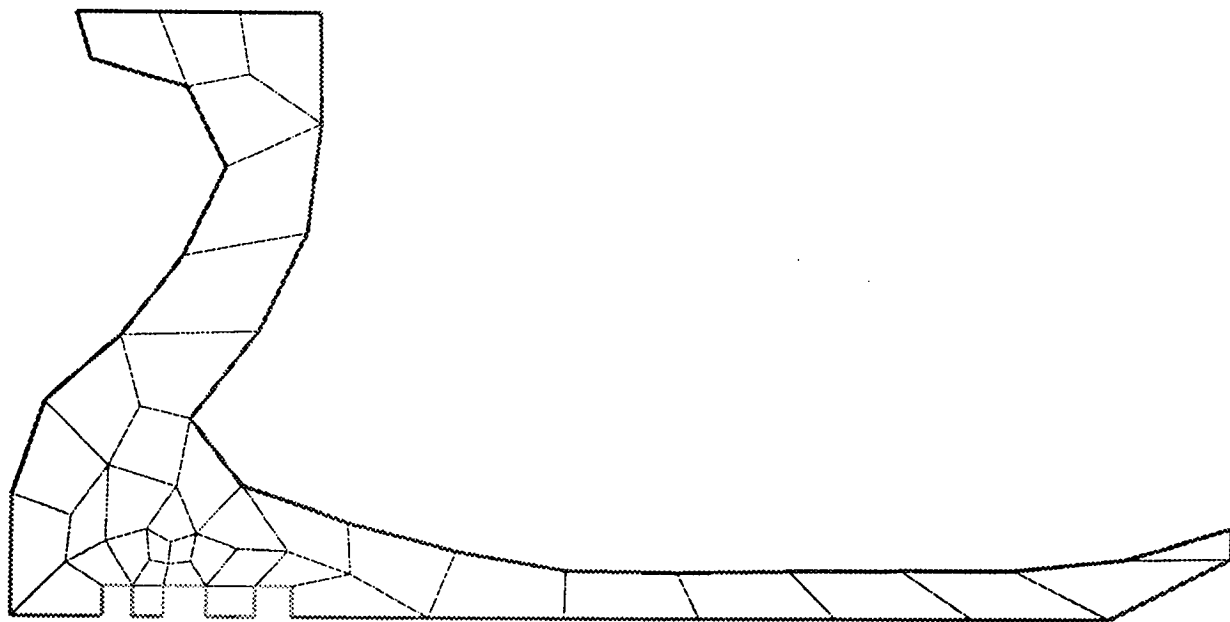
CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE	(NDIM) :	3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	0
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSD) :	1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOPNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	1368
NOMBRE DE PENTAEDRES	(NPENT) :	144
NOMBRE DE HEXAEDRES	(NHEX) :	1224
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	29
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	2056
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	2036
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	16128
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1

FIN DU MODULE MA2D3E

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

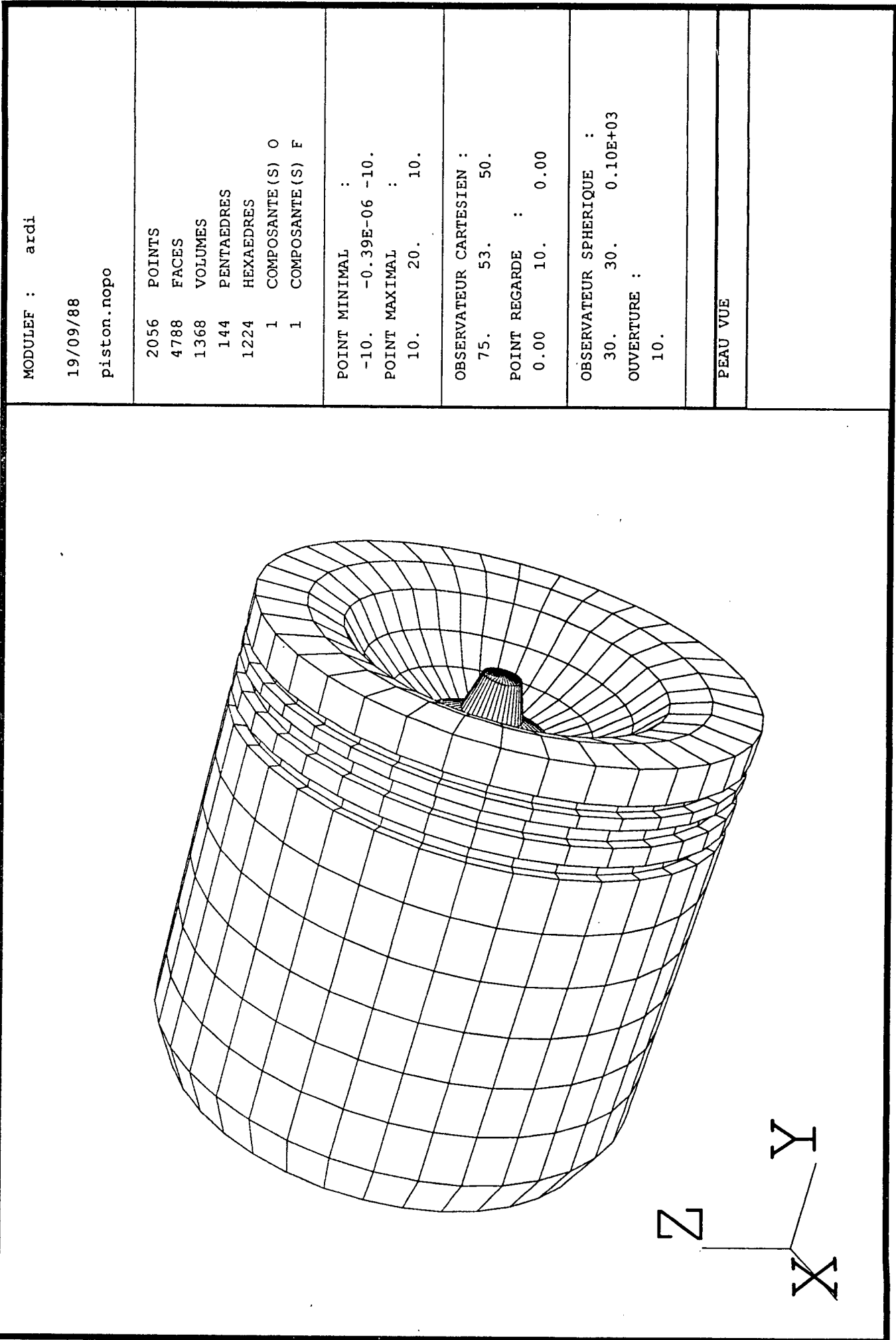
F



MODULEF :
GEMESH GEMESH GEMESH GEMESH GEMESH
19/09/88
piston.sec.nopo

61 POINTS
61 NOEUDS
38 ELEMENTS
1 TRIANGLES
37 QUADRANGLES
0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :
-17. -1.0
COIN HAUT DROIT :
6.7 21.



MODULEF : ardi

19/09/88

piston.nopo

2056 POINTS
4788 FACES
1368 VOLUMES
144 PENTAEDRES
1224 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL :
-10. -0.39E-06 -10.
POINT MAXIMAL :
10. 20. 10.

OBSERVATEUR CARTESIEN :
75. 53. 50.
POINT REGARDE :
0.00 10. 0.00

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 0.10E+03
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE

```

5
$ IMPRE
/UDD/ARDI/DIR_MA23/M2D.NOPO$ NOMF2D
DEGEN1.NOPO$ NOMF3D
$ === DEFINITION DE LA FONCTION ===
TRAN
5
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.5000000E+00 $ SECTION SUPERIEURE
$ VECTEUR TRANSLATION
ROTA
10
-0.6000000E+01 $ SECTION SUPERIEURE
$ ANGLE DE ROTATION
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.2500000E+01 $ UN POINT DE L'AXE
0.1000000E+01 0.0000000E+00 0.0000000E+00 $ AXE DE ROTATION
TRAN
20
0.0000000E+00 0.1000000E+00 0.2000000E+00 $ SECTION SUPERIEURE
$ VECTEUR TRANSLATION
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ===== LES OPTIONS =====
VERVOL
$ ===== APPEL DU MAILLEUR =====
GO

```

=====

EXEMPLE : MAILLAGE D'UN CUBE AVEC DEGENERESCENCE
(TRANSLATION ROTATION TRANSLATION ET VERIFICATION)

=====

BS ma23xx
 ~~~~~  
 APPEL DU MAILLEUR 3D PAR EMPILEMENT DE COUCHES 2D  
 ~~~~~

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

C
 NOM DU FICHIER DE COMMANDES A CREER ?
 CUBE.DATA
 TAUX D'IMPRESSION ENTRE 0 ET 10 (I) IMPRE
 5
 NOM DU FICHIER CONTENANT LA S.D.E. NOPO 2D (A) NOMFIC2
 /UDD/ARDI/DIR MA23/M2D.NOPO
 ++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/m2d.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
 NOM DU FICHIER POUR LA S.D.S. NOPO 3D (A) NOMFIC3
 DEGEN1.NOPO
 ++ OPEN(12,FILE='degen1.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)
 ** DEFINITION D'UNE FONCTION **

MOT CLE (OU HELP) ?
 TRAN
 DE LA SECTION 0 A QUELLE SECTION (I) SECTION
 5
 PREMIERE COMPOSANTE DE LA TRANSLATION (R) VX
 DEUXIEME COMPOSANTE (R) VY
 TROISIEME COMPOSANTE (R) VZ
 -- VX. VY. VZ. ?

0 0 .5
 MOT CLE (OU HELP) ?
 ROTA
 DE LA SECTION 6 A QUELLE SECTION (I) SECTION
 10
 ANGLE DE ROTATION EN DEGRES (R) TETA
 ABSCISSE D'UN POINT DE L'AXE DE ROTATION (R) X
 SON ORDONNEE (R) Y
 SA COTE (R) Z
 COMPOSANTE EN X DE L'AXE DE ROTATION (R) VX
 COMPOSANTE EN Y (R) VY
 COMPOSANTE EN Z (R) VZ
 -- TETA. X. Y. Z. VX. VY. VZ. ?
 -6. 0. 0. 2.5 1. 0. 0.

MOT CLE (OU HELP) ?
 TRAN
 DE LA SECTION 11 A QUELLE SECTION (I) SECTION
 20
 PREMIERE COMPOSANTE DE LA TRANSLATION (R) VX
 DEUXIEME COMPOSANTE (R) VY
 TROISIEME COMPOSANTE (R) VZ
 -- VX. VY. VZ. ?
 0. .1 .2
 MOT CLE (OU HELP) ?
 FIN
 >> [OPTIONS] / GO / HELP
 VERVOL
 >> [OPTIONS] / GO / HELP
 FIN

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

E
 NOM DU FICHIER DE COMMANDES A EXECUTER ?
 CUBE.DATA
 ++ OPEN(10,FILE='cube.data',SPEC='OLD',RECL=0)
 ++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/m2d.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
 ++ OPEN(12,FILE='degen1.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)
 S.D.E. NOPO 2D : /UDD/ARDI/DIR_MA23/M2D.NOPO
 S.D.S. NOPO 3D : DEGEN1.NOPO
 NOMBRE DE COUCHES : 20
 VERIFICATION DES VOLUMES
 ~~~~~  
 MODULE MA2D3E :  
 ~~~~~

COTE DE LA BASE INFERIEURE : 0.0000000E+00

VERIFICATION DES VOLUMES

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 3
 LISTE DES TRANSFORMATIONS :
 SECTION 0 A 5 TYPE DE TRANSFORMATION -1
 SECTION 6 A 10 TYPE DE TRANSFORMATION -1
 SECTION 11 A 20 TYPE DE TRANSFORMATION -1

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 0

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABEAU N O P 2

CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE	(NDIM) :	3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE	(NDSR) :	0
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES	(NDSO) :	1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT	(NCOFNP) :	1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE	(NE) :	70
NOMBRE DE PENTAEDRES	(NPENT) :	14
NOMBRE DE HEXAEDRES	(NHEX) :	56

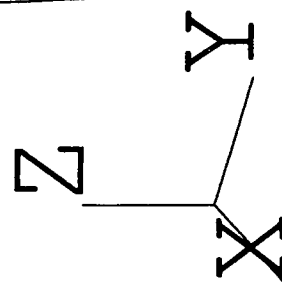
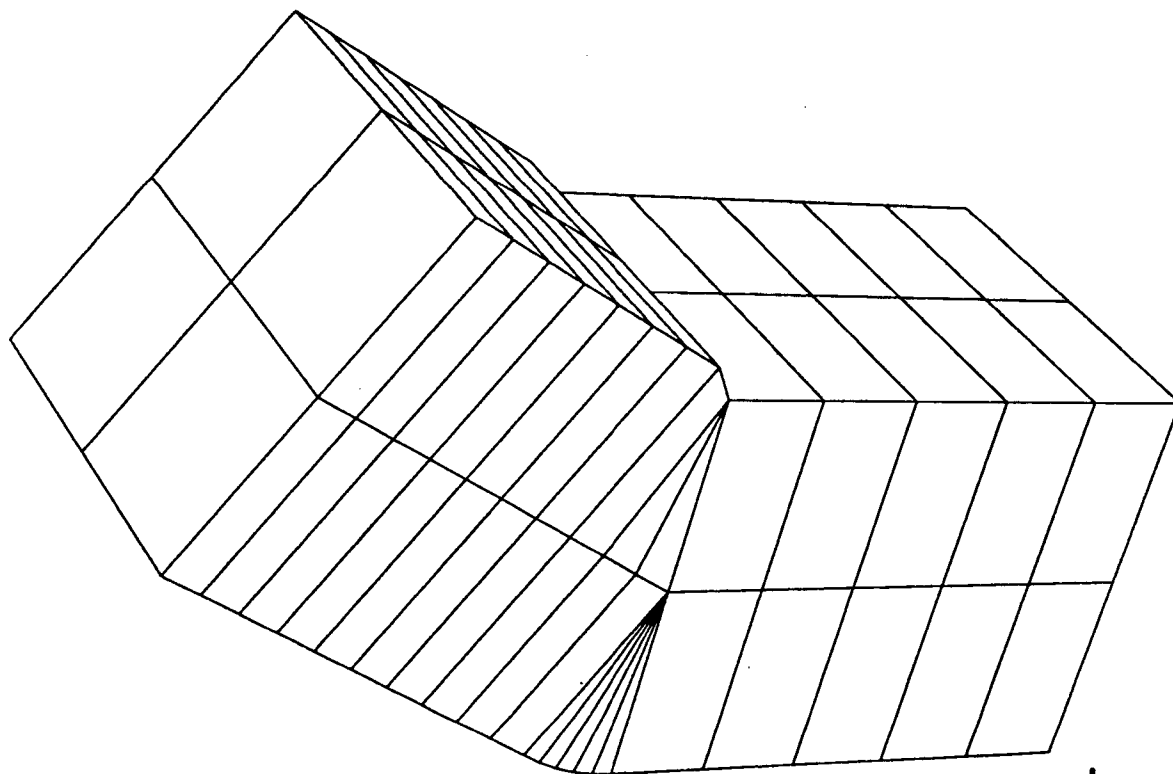
- 234 -

NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS	(NEF) :	4
NOMBRE DE NOEUDS	(NOE) :	153
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES)	:	0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES	(NTYCOO) :	REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT	:	41
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS	(NBEGM) :	0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5	(LNOP5) :	812
AXES DE REFERENCE X,Y,Z	(NTACOO) :	1

=====
 FIN DU MODULE MA2D3E
 =====

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

F



MODULEF : ardi

26/09/88

degen1.nopo

153 POINTS
275 FACES
70 VOLUMES
14 PENTAEDRES
56 HEXAEDRES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

POINT MINIMAL :
-1.0 -1.0 0.00
POINT MAXIMAL :
1.0 1.9 5.0

OBSERVATEUR CARTESIEN :
13. 8.0 11.
POINT REGARDE :
0.00 0.43 2.5

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 18.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE

```
5                                     $ IMPRE
/ UDD/ARDI/DIR_MA23/TUYERE.SEC.NOPO$ NOMF2D
                                     TUYERE.NOPO$ NOMF3D
$ === DEFINITION DE LA FONCTION ===
ROTA
  36                                     $ SECTION SUPERIEURE
-0.10000000E+02                       $ ANGLE DE ROTATION
  0.00000000E+00  0.00000000E+00  0.00000000E+00  $ UN POINT DE L'AXE
  0.10000000E+01  0.00000000E+00  0.00000000E+00  $ AXE DE ROTATION
FIN
$ FIN DE LA DEFINITION DE LA FONCTION
$ ===== LES OPTIONS =====
COLLER
$ ===== APPEL DU MAILLEUR =====
GO
```

=====

EXEMPLE : SEGMENTS DONNANT DES QUADRANGLES DANS L'ESPACE
(ROTATION PUIS RECOLLEMENT DES SECTIONS EXTREMES)

=====

```

BS ma23xx
*****
APPEL DU MAILLEUR 3D PAR EMPILEMENT DE COUCHES 2D
*****

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

C
NOM DU FICHIER DE COMMANDES A CREER ?
TUYERE.DATA
TAUX D'IMPRESSION ENTRE 0 ET 10 (I) IMPRE
5
NOM DU FICHIER CONTENANT LA S.D.E. NOPO 2D (A) NOMFIC2
/UDD/ARDI/DIR_MA23/TUYERE.SEC.NOPO
++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/tuyere.sec.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
NOM DU FICHIER POUR LA S.D.S. NOPO 3D (A) NOMFIC3
TUYERE.NOPO
++ OPEN(12,FILE='tuyere.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)

** DEFINITION D'UNE FONCTION **

MOT CLE ( OU HELP ) ?
ROTA
DE LA SECTION 0 A QUELLE SECTION (I) SECTION
36
ANGLE DE ROTATION EN DEGRES (R) TETA
ABSCISSE D'UN POINT DE L'AXE DE ROTATION (R) X
SON ORDONNEE (R) Y
SA COTE (R) Z
COMPOSANTE EN X DE L'AXE DE ROTATION (R) VX
COMPOSANTE EN Y (R) VY
COMPOSANTE EN Z (R) VZ
-- TETA. X. Y. Z. VX. VY. VZ. ?
-10. 0. 0. 0. 1. 0. 0.
MOT CLE ( OU HELP ) ?
FIN
>> [OPTIONS] / GO / HELP
COLLER
>> [OPTIONS] / GO / HELP
GO
++ OPEN(11,FILE='/udd/ardi/dir_ma23/tuyere.sec.nopo',SPEC='OLD,UNFORMATTED',RECL=0)
++ OPEN(12,FILE='tuyere.nopo',SPEC='UNFORMATTED',RECL=0)
S.D.E. NOPO 2D : /UDD/ARDI/DIR_MA23/TUYERE.SEC.NOPO
S.D.S. NOPO 3D : TUYERE.NOPO
NOMBRE DE COUCHES : 36
RECOLLEMENT DES EXTREMITES
*****
MODULE MA2D3E :
*****

COTE DE LA BASE INFERIEURE : 0.0000000E+00

RECOLLEMENT DES SECTIONS EXTREMES

NOMBRE DE TRANSFORMATIONS GEOMETRIQUES : 1
LISTE DES TRANSFORMATIONS :
SECTION 0 A 36 TYPE DE TRANSFORMATION -1

NOMBRE DE TRANSFERTS DE NUMEROS : 0

MAILLAGE EFFECTUE : SAUVEGARDE DE LA SD

TABLEAU N O P 2
=====
CARACTERISTIQUES DU MAILLAGE

DIMENSION DE L'ESPACE (NDIM) : 3
NOMBRE DE NUMEROS DE REFERENCE (NDSR) : 0
NOMBRE DE SOUS-DOMAINES (NDSO) : 1
NOEUDS ET POINTS COINCIDENT PARTOUT (NCOPNP) : 1
NOMBRE D'ELEMENTS DU MAILLAGE (NE) : 1440
NOMBRE DE QUADRANGLES (NQUA) : 1440
NOMBRE D'ELEMENTS FRONTALIERS (NEF) : 0
NOMBRE DE NOEUDS (NOE) : 1476
NOMBRE DE NOEUDS PAR SEGMENT (HORS EXTREMITES) : 0
TYPE DES VALEURS DES COORDONNEES (NTYCOO) : REELIMOT
DIFFERENCE MAX + 1 ENTRE 2 NOEUDS D'UN ELEMENT : 1437
NOMBRE D'ELEMENTS GROSSIERS (NBEGM) : 0
NOMBRE DE MOTS DU TABLEAU NOP5 (LNOP5) : 11520
AXES DE REFERENCE X,Y,Z (NTACOO) : 1

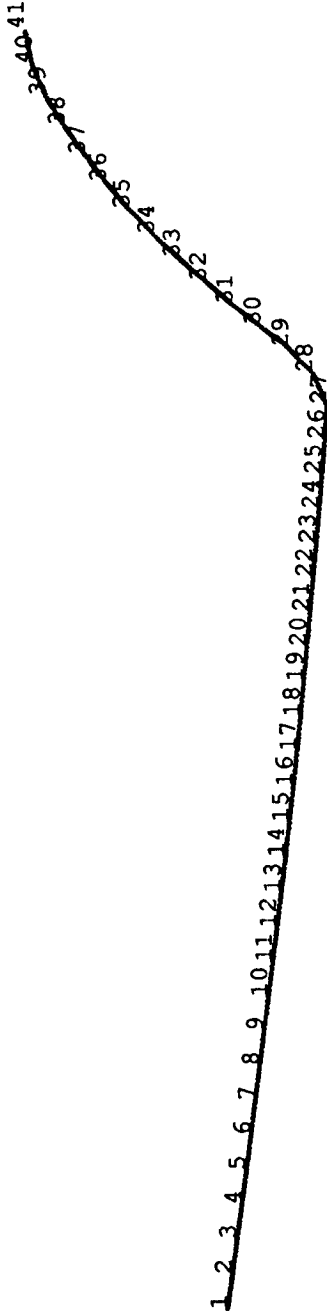
*****
FIN DU MODULE MA2D3E
*****

-- CREATION DU DATA --- EXECUTION MODULE (DATA EXISTANT) --- FIN --- ?

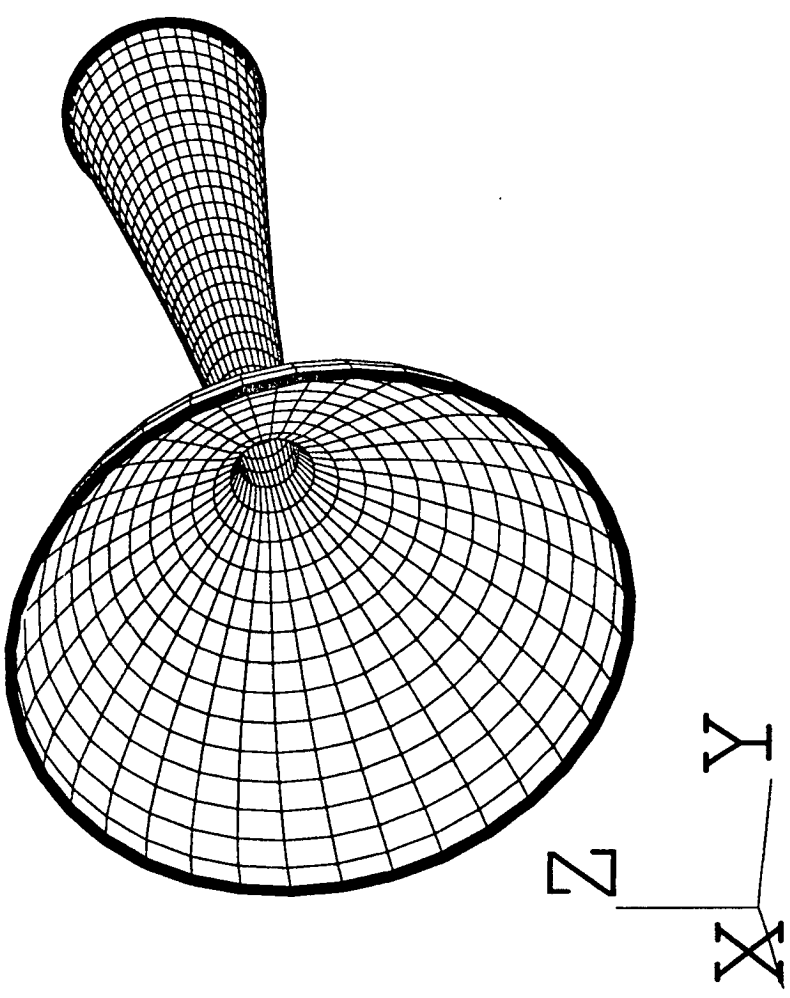
```

F

MODULEF : ardi tuyere 21/09/88 tuyere.sec.nopo	
41 POINTS 41 NOEUDS 40 ELEMENTS 40 SEGMENTS 0 TROU(S)	
COIN BAS GAUCHE : -11. -5.2 COIN HAUT DROIT : 4.7 9.3	
NUMERO NOEUD :	



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

MODULEF : ardi		
21/09/88		
tuyere.nopo		
1476	POINTS	
1440	FACES	
1440	VOLUMES	
1	COMPOSANTE(S) O	
1	COMPOSANTE(S) F	
POINT MINIMAL :		
-10.	-3.7	
POINT MAXIMAL :		
4.0	3.7	
OBSERVATEUR CARTESIEN :		
40.	25.	
POINT REGARDE :		
-3.0	-0.48E-06 0.36E-06	
OBSERVATEUR SPHERIQUE :		
30.	10.	
OUVERTURE :		
	10.	
PEAU VUE		

SECTION 4

**Les modules de construction
et de modification de maillages**

Tentative de liste des noms de toutes les personnes ayant participé à la création de modules dans la bibliothèque "maillage" de MODULEF

M. AUBOURG
M. BARGACH
A. BENHAMIDA
J.D. BOISSONNAT
J. BOURGEOIS
J.M. DUPUY
S. FAYOLLE
P.L. GEORGE
A. GOLGOLAB
A. HASSIM
F. HECHT
F. HERMELINE
P. LAUG
L. LOTH
L.D. MARINI
E. MAROUHG
L. MARRO
A. MARROCCO
B. MULLER
R. NGAMBY LEOPOLD
S. NGUYEN
A. PERRONNET
R. PIERROT
P. PIETRA
F. PISTRE
J. VAZEILLES
M. VIDRASCU

INITI (INITIS)

1 - BUT

Initialiser les variables nécessaires à toute utilisation de module de la bibliothèque MODULEF.

L'appel de cet utilitaire est donc indispensable.

2 - APPEL DE L'UTILITAIRE

Dans chaque programme d'appel d'un ou plusieurs modules il faut après les instructions de dimensionnement, d'équivalence, ..., appeler le programme INITI (ou INITIS).

CALL INITI (M,LM,IMPRE,NNN) (INITIS a les mêmes arguments)

avec :

M	: le super tableau
LM	: le nombre de mots de ce tableau
IMPRE	: paramètre d'impression pendant l'exécution
	0 : pas d'impression
	1... : de plus en plus d'impression
NNN	: paramètre d'impression des tables
	0 : pas d'impression
	1,2,3 : impression de chaque opération affectant les tables (adressages de tableaux...), impression croissante avec NNN

Cet utilitaire est dans la bibliothèque UTIL.

3 - DONNEES

Le sous-programme INITI demande à l'utilisateur un titre lu selon les règles du format libre (cf. [1]), le sous-programme INITIS ne nécessite pas de données.

ADPNOP

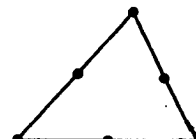
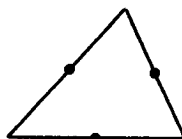
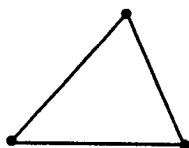
S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Le module ADPNOP ajoute les noeuds non sommets sur les arêtes, les faces ou à l'intérieur des éléments d'un maillage bi ou tridimensionnel, il précise si les sommets sont des noeuds.

Rappelons que les modules de génération de maillage créent des structures de données NOPO dont les éléments sont de type "P1" : i.e. noeuds = sommets. Si l'on désire effectuer un calcul à partir de tels maillages avec des éléments dont les noeuds diffèrent ou ne sont pas uniquement les sommets des éléments il faut générer la liste de ces noeuds.



élément P1

sommets ≠ noeuds

noeuds = sommets

noeuds = sommets

noeuds = milieu des arêtes

noeuds = milieu des arêtes

Le module ADPNOP va donc générer la liste des noeuds et plus précisément leur numérotation, la position de ces noeuds sera précisée dans le module d'interpolation (cf. [13]) après choix des Eléments Finis proprement dit.

2 - CONTRAINTES

La S.D.E. NOPO est de type P1, i.e. elle est définie par ses sommets uniquement.

Pour des raisons de compatibilité sur une face triangulaire on ne pourra générer que 1 ou un multiple de 3 noeuds, de même sur une face quadrangulaire seuls 1 ou un multiple de 4 noeuds sont envisageables.

La notion de super élément n'est pas connue du module.

3 - APPEL DU MODULE ADPNOP

3.1. Cadre bidimensionnel

Le mot clé 'ADPO' du super module APNOPO permet d'activer le module.

Sinon voir 3.3. ou 3.4.

3.2. Cadre tridimensionnel

Le mot clé 'ADPO' du super module APNOP3 permet d'activer le module.

Sinon voir 3.3. ou 3.4.

3.3. Le préprocesseur ADPNXX permet d'appeler le module de manière conversationnelle.

3.4. Appel "batch" du module ADPNOP

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc.

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module.

CALL ADPNOP (M,ISEG, ISET, ISEQ, ISETE, ISEPE, ISEHE, NOESOM, NFNOPE, NINOPE,
NFNOPS, NINOPS)

avec :

M : le super tableau
ISEG : nombre de noeuds sur chaque segment (extrémités exclues)
ISET : nombre de noeuds internes à chaque triangle ou sur chaque face triangulaire
ISEQ : nombre de noeuds internes à chaque quadrangle ou sur chaque face quadrangulaire
ISETE : nombre de noeuds internes à chaque tétraèdre
ISEPE : nombre de noeuds internes à chaque pentaèdre
ISEHE : nombre de noeuds internes à chaque hexaèdre
NOESOM : les sommets supportent des noeuds : 1
 les sommets ne sont pas des noeuds : 0
NF(NI)NOPE : numéro de support et niveau de la S.D.E. NOPO
NF(NI)NOPS : idem pour la S.D.S. NOPO résultat.

AFFNOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Le module AFFNOP affine les éléments autour des sommets dont on donne le numéro dans le cas d'un maillage bidimensionnel. Plusieurs affinages successifs sont possibles autour d'un sommet : il suffira de le donner plusieurs fois dans la liste des sommets à considérer.

2 - CONTRAINTES

La méthode ne fonctionne que dans le cadre bidimensionnel et n'est applicable qu'à des maillages de type P1 (noeuds = sommets) ; cette dernière remarque sera la règle pour tout les modules de transformation de maillages.

3 - LES DIFFERENTS RESULTATS OBTENUS

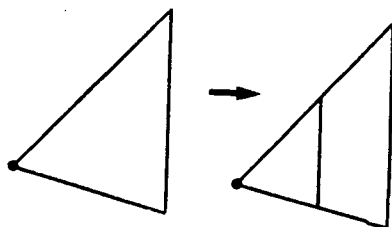
Selon le type de l'élément dont au moins un sommet est donné dans la liste des points à traiter et selon la position des sommets (quand il y en a plus d'un) à considérer le résultat est différent.

Nous donnons ci-dessous les cas possibles :

* affinage d'un segment autour d'1 ou 2 sommets

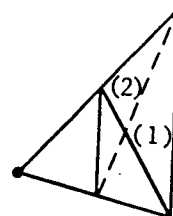


* affinage d'un triangle autour d'un sommet :



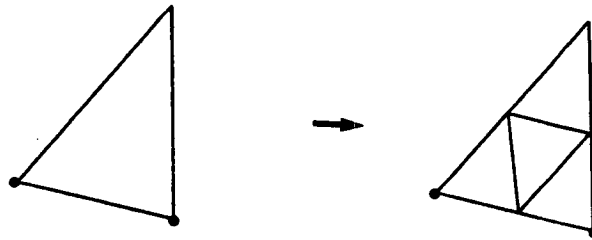
quadrangle toléré

ou

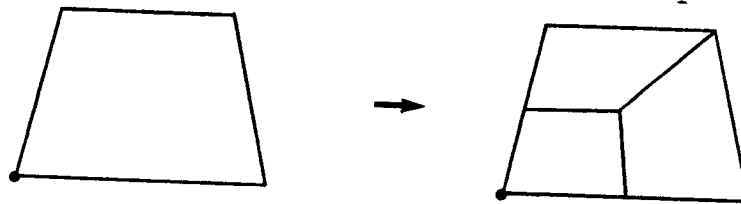


quadrangle interdit, (1) ou (2) est choisi selon la longueur de l'arête

* affinage d'un triangle autour de 2 ou 3 sommets :



* affinage d'un quadrangle autour d'un sommet :

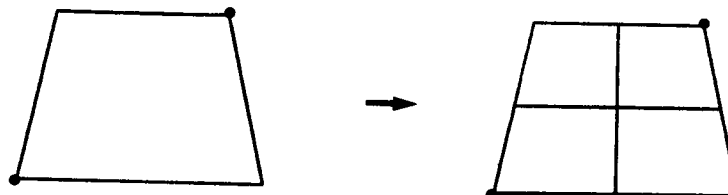


* affinage d'un quadrangle autour de 2 sommets consécutifs :



1 triangle est généré

* affinage d'un quadrangle autour de 2 sommets non consécutifs, de 3 sommets ou de 4 sommets :



* affinage multiple :

On se ramène, autant de fois que nécessaire, au cas ci-dessus pour traiter le ou les éléments contenant encore un point à considérer.

4 - APPEL DU MODULE AFFNOP

4.1. Le mot clé AFFL du super module APNOPO permet d'activer le module.

4.2. Le préprocesseur AFFNXX permet d'appeler le module de manière conversationnelle.

4.3. Appel "batch" du module AFFNOP

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration du tableau entier NSAT de longueur LSAT et du tableau NNFRON de longueur NBFRON
- * déclaration du logique FONINT
- * déclaration de l'external FFRONT
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL AFFNOP (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,NQUAD,LSAT,NSAT,NBFRON,
NNFRON,FONINT,FFRONT)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPE : numéro de support et niveau de la S.D. NOPO initiale

NF(NI)NOPS : numéro de support et niveau de la S.D. NOPO résultat

NQUAD : 1 si on autorise la création de quadrangles lors de l'affinage de triangles
0 sinon

LSAT : nombre de sommets à traiter
chaque sommet est compté autant de fois que nécessaire

NSAT : tableau à dimensionner à LSAT
numéro des sommets :
si un sommet est répété n fois, il y aura n affinages consécutifs autour de ce sommet

NBFRON : nombre de frontières courbes

NNFRON : numéro de référence associée à ces frontières

FONINT : un logique à initialiser à .FALSE.

FFRONT : nom de la sous-routine permettant les projections éventuelles sur les frontières courbes

S'il y a des projections sur les frontières courbes à effectuer on décrira celles-ci par la subroutine FFRONT qui est de la forme :

SUBROUTINE FFRONT (I,X,Y)

ou I est le numéro associé à la frontière courbe
et X,Y les coordonnées des points (cf. section 1, § 2.3).

5 - EXEMPLE D'UTILISATION

L'exemple ci-dessous est composé de triangles et de segments, on désire affiner localement ce maillage autour de certains points avec une multiplicité de 1 ou 2 ; sont fournis :

- i) le maillage initial
- ii) la position des points sélectionnés et leurs multiplicité
- iii) le maillage résultat : des quadrangles on été générés.

MODULEF : george

TEST-AFFNOP

17/10/88

affini.nopo

40 POINTS
40 NOEUDS
55 ELEMENTS
3 SEGMENTS
52 TRIANGLES
0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :

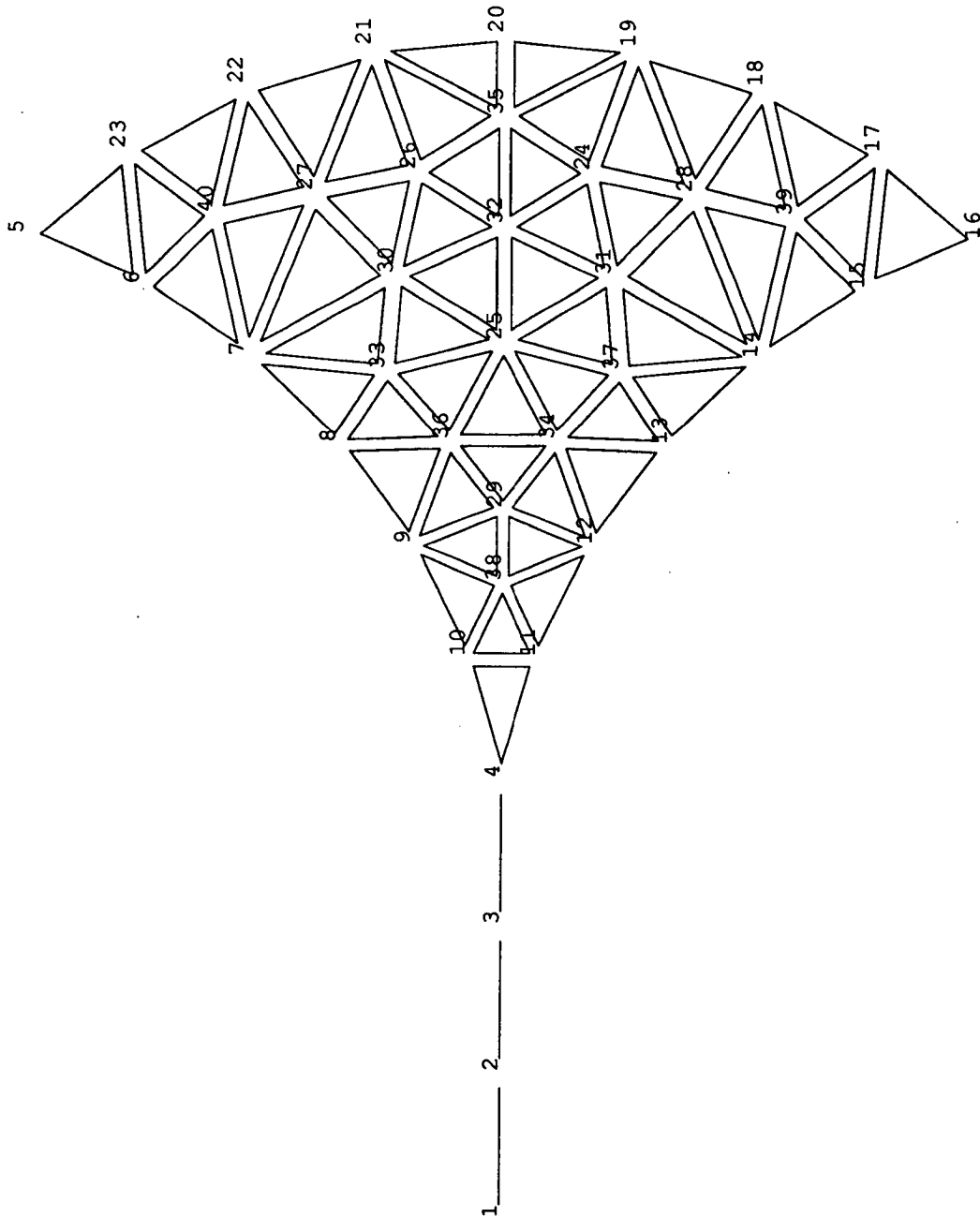
-3.4 -4.3

COIN HAUT DROIT :

5.4 4.3

NUMERO POINT

(i) le maillage initial



MODULEF : george

TEST-AFFNOP

17/10/88

affini.nopo

40 POINTS

40 NOEUDS

55 ELEMENTS

3 SEGMENTS

52 TRIANGLES

0 TROU(S)

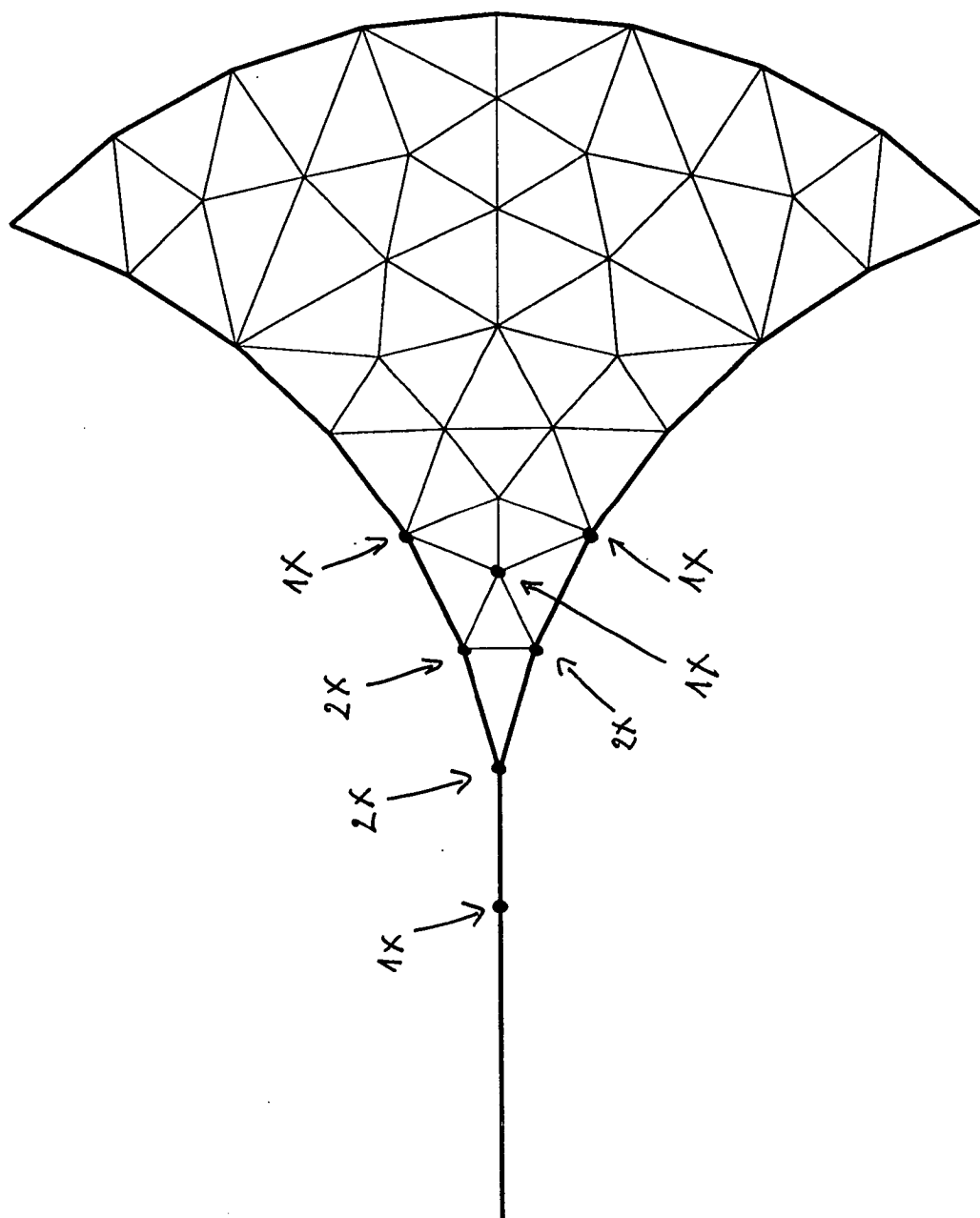
COIN BAS GAUCHE :

-3.4 -4.3

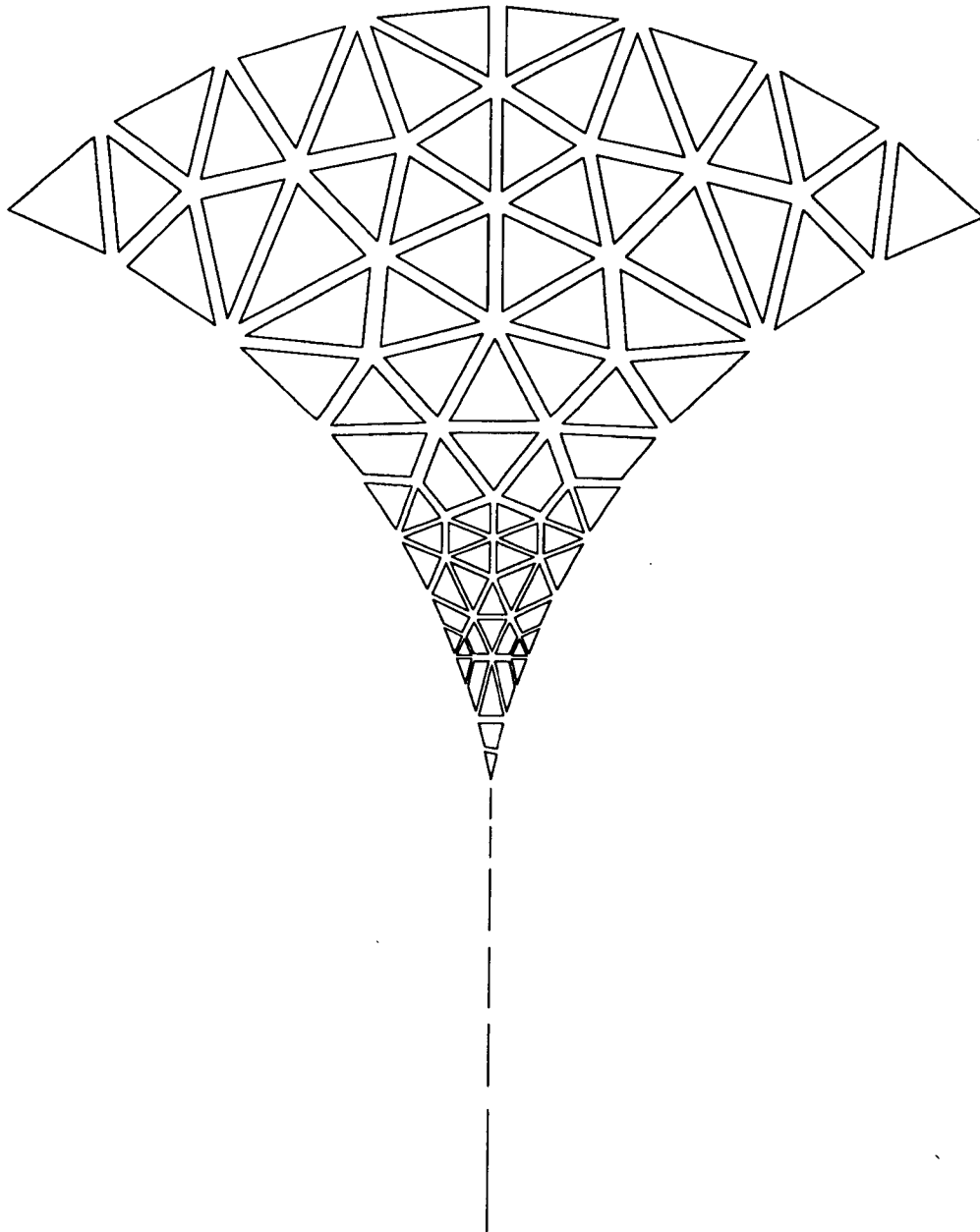
COIN HAUT DROIT :

5.4 4.3

(ii) la position des points
sélectionnés et leurs
multiplicité



<p>MODULEF : george</p> <p>TEST-AFFNOP</p> <p>17/10/88</p> <p>afffin.nopo</p>	
<p>69 POINTS</p> <p>69 NOEUDS</p> <p>87 ELEMENTS</p> <p>6 SEGMENTS</p> <p>70 TRIANGLES</p> <p>11 QUADRANGLES</p> <p>0 TROU (S)</p>	
<p>COIN BAS GAUCHE :</p> <p>-3.4 -4.3</p> <p>COIN HAUT DROIT :</p> <p>5.4 4.3</p>	
<p>(iii) <u>le maillage résultat :</u></p> <p><u>des quadrangles ont été</u></p> <p><u>générés</u></p>	



AKHHAT

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Renommer les noeuds ou les noeuds et les éléments d'un maillage. La méthode est basée sur l'algorithme de Akhras et de Gouri d'Hatt.

2 - APPEL DU MODULE AKHHAT

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL AKHHAT (M,NOCODE,NITER,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS)

avec :

M : le super tableau

NOCODE : option de renumérotation

0 : renumérotation des noeuds

1 : renumérotation des noeuds et des éléments

NITER : nombre d'itérations de la méthode (1 ou 2)

NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro et niveau)

NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO (numéro et niveau)

Remarque : voir également le module GIBBS pour renuméroter un maillage.

APNOP3

DATA
S.D.S. NOPO

1 - BUT

APNOP3 est un super module qui permet l'appel de tous les modules courants concernant la modification de maillage en dimension 3. De plus il permet dans quelques cas simples de construire, à partir de données, des maillages tridimensionnels.

Il lit dans un fichier de données les requêtes, formulées par l'utilisateur sous forme de mots clés.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

L'utilisateur, par rappel du préprocesseur APN3XX option Création, remplit un fichier de données selon ses nécessités.

Ensuite par choix de l'option Execution, il active le module qui analyse les mots clés du fichier de données et enchaîne les modules correspondants.

La section 2 de ce document donne tous les détails concernant la méthodologie et l'utilisation du programme.

2.2. Utilisation "batch"

L'utilisateur doit d'abord créer un fichier de données qui sera lu par le module.

Voir également la section 2.

APNOPO

DATA
S.D.S. NOPO

1 - BUT

APNOPO est un super module qui permet l'appel de tous les modules courants concernant la construction et la modification de maillage en dimension 2.

Il lit dans un fichier de données les requêtes, formulées par l'utilisateur, sous forme de mots clés.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

L'utilisateur, par appel du préprocesseur APNOXX option Création, remplit un fichier de données selon ses nécessités.

Ensuite par choix de l'option Execution, il active le module qui analyse les mots clés du fichier de données et enchaîne les modules correspondants.

La Section 1 de ce document donne tous les détails concernant la méthodologie et l'utilisation du programme.

2.2. Utilisation "batch"

L'utilisateur doit d'abord créer un fichier de données qui sera lu par le module.

Voir également la Section 1.

CLNO**

1 - BUT

Les utilitaires CLNO5C, CLNOIA, CLNOIN, CLNOPO de la bibliothèque UTSD se proposent d'aider le programmeur qui désire accéder au tableau descriptif des éléments d'un maillage (alias NOP5) pour en extraire certaines informations sans se soucier de gérer les adresses des éléments dans ce tableau.

2 - L'UTILITAIRE CLNO5C

2.1. Role de CLNO5C

Avec en entrée :

NDIM, NCOPNP le tableau NOP5, l'adresse IA d'un élément et le tableau NOP4

on obtient en sortie les valeurs ou tableaux suivants :

NCGE, NDSDE, NNO et NONO le nombre de noeuds et leur liste, NPO et NOPOI le nombre de points et leur liste, enfin les coordonnées des points.

2.2. Appel de CLNO5C

- * dimensionner un tableau NONO pour y mettre la liste des noeuds de l'élément traité
- * dimensionner un tableau NOPOI pour y mettre la liste des points de l'élément traité
- * dimensionner un tableau COORP pour y mettre les coordonnées des points de l'élément traité dans l'ordre de leur liste
- * appel de l'utilitaire

CALL CLNO5C (NDIM,NCOPNP,NOP5,IA,NCGE,NDSDE,NNO,NONO,NPO,NOPOI,
COOR4,COORP)

avec en entrée :

NDIM	: la dimension de l'espace
NCOPNP	: le code de coïncidence noeuds-points
NOP5	: le tableau "NOP5"
IA	: l'adresse dans ce tableau global d'un élément
COOR4	: le tableau "NOP4"

et en sortie :

IA : l'adresse de l'élément suivant
NCCE : le code géométrique de l'élément traité
NDSDE : son numéro de sous-domaine
NNO : son nombre de noeuds
NONO : la liste de ses noeuds
NPO : son nombre de points
NOPOI : la liste des ses points
COORP : les coordonnées des points de l'élément traité
($X_1, Y_1, \dots, X_2, Y_2, \dots$)

3 - L'UTILITAIRE CLNOIA

3.1. Role de CLNOIA

Avec en entrée :

NCOPNP, le tableau NOP5 et l'adresse IA d'un élément
on obtient en sortie :

NCGE, NPO et NOPO le nombre de points et leur liste, IAS, IAR et
IAF les adresses dans NOP5 des références des points, arêtes et
faces de l'élément traité.

3.2. Appel de CLNOIA

* dimensionner un tableau NOPO pour y mettre la liste des points
de l'élément traité

* appel de l'utilitaire

CALL CLNOIA (NCOPNP, NOP5, IA, NCGE, IAS, IAR, IAF, NPO, NOPO)

avec en entrée :

NCOPNP : le code de coïncidence noeuds-points
NOP5 : le tableau "NOP5"
IA : l'adresse dans ce tableau global d'un élément

avec en sortie :

IA : l'adresse de l'élément suivant
NCGE : le code géométrique de l'élément traité
IAS : l'adresse dans NOP5 de la référence du premier point de
l'élément
s'il n'y a aucun numéro de référence, IAS = 0

IAR : l'adresse dans NOP5 de la référence de la première arête de l'élément (même convention)
IAF : l'adresse dans NOP5 de la référence de la première face de l'élément (même convention)
NPO : le nombre de points de l'élément
NOPO : la liste des ses points

4 - L'UTILITAIRE CLNOIN

4.1. Role de CLNOIN

Ce programme est similaire au programme CLNOIA précédent mais il sort la liste des noeuds de l'élément traité.

4.2. Appel de CLNOIN

cf. 3.2. avec ici :

CALL CLNOIN (NCOPNP,NOP5,IA,NCGE,IAS,IAR,IAF,NPO,NNO,NONO)

5 - L'UTILITAIRE CLNOPO

5.1. Role de CLNOPO

Très similaire à CLN05C cet utilitaire utilise le super tableau M (et non le tableau NOP5 !). Il fournit le tableau des références de tous les items de l'élément traité dans l'ordre : sommets-arêtes-faces.

5.2. Appel de CLNOPO

* dimensionner les tableaux

NOPO	de longueur	20	liste des noeuds de l'élément
NOPOI	de longueur	20	liste des points de l'élément
COORP	de longueur	3x20	les coordonnées des points de l'élément
NREF	de longueur	26	les références des sommets, des arêtes, puis des faces

(ces longueurs sont majorées).

* appel de CLNOPO

CALL CLNOPO (M,M,IA,NCGE,NDSDE,NNO,NONO,NPO,NOPOI,COORP,NREF)

avec :

IA : en entrée, IA : adresse de la première variable concernant le premier élément à traiter (IA = "IANOP5" s'il s'agit de l'élément 1)
en sortie, IA : adresse de la première variable concernant l'élément suivant

avec, en sortie :

```

NCGE           : code géométrique de l'élément
NDSDE         : son sous-domaine
NNO           : son nombre de noeuds
NONO(*)       : la liste de ses noeuds
NPO           : son nombre de points
NOPOI(*)      : la liste de ses points
COORP(*)      : les coordonnées de ses points rangées comme suit :
                  X(1), Y(1), X(2), Y(2) ou X(1), Y(1), Z(1), X(2) ...
NREF(*)       : les références des sommets, puis des arêtes, puis des faces
de l'élément

```

Remarques sur NREF :

- i) ordre inverse de celui du tableau NOP5
- ii) ce tableau est rempli systématiquement en entier (même si les références sont toutes nulles)

5.3. Exemple d'utilisation

Nous incluons le listing du module REFNOP qui utilise l'utilitaire CLNPO lors du parcours des éléments.

```

SUBROUTINE REFNOP (M,XM,DM,NFNOPE,NINOPE,NREFE,INDIC,LINDIC)
C ++++++
C BUT      : RETROUVER LES ELEMENTS DE FACE REFERENCEE NREFE  .NDIM = 3
C ---      '      '      '      '      '      '      '      '      '      '
C          : D' ARETE REFERENCEE NREFE  .NDIM = 2
C          RANGER LEUR NUMERO DANS LE TABLEAU INDIC .
C ++++++
C IN :
C --
C M,XM,DM   : LE SUPER TABLEAU
C NF(NI)NOPE: LA S.D. E. NOPO
C NREFE     : NUMERO DE LA REFERENCE INCRIMINEE
C OUT :
C ---
C INDIC     : TABLEAU DES NUMEROS DES ELEMENTS RETENUS
C LINDIC    : LONGUEUR DE CE TABLEAU
C ++++++
C          P.L. GEORGE .  INRIA .  JUIN 82 .
C .....

```

```

DOUBLE PRECISION DM(*)
REAL XM(*)
INTEGER M(*),NZNOPO(19),INDIC(*),NTOT(7),NFAC(7),NARE(7)
COMMON/TRAVA1/NTITRE(20),IFIL1(9),IMPRE,IFIL(3)
DATA NARE/ 0, 1, 3, 4,      6, 9, 12/
DATA NFAC/ 0, 0, 0, 0,      4, 5, 6/
DATA NTOT/ 1, 3, 6, 8,      14, 20, 26/
100 FORMAT(1X,78('&'))/' MODULE REFNOP : ',20A4/1X,78('&'))
110 FORMAT('  REFERENCE NUMERO : ',I6)
120 FORMAT('  NOMBRE D ELEMENTS RETENUS : ',I6)
130 FORMAT(//4X,'NUMEROS DE CES ELEMENTS'//(10I6))
140 FORMAT(1X,78('&'))/' FIN DU MODULE REFNOP'/1X,78('&'))

C
IMPRIM = IINFO('IMPRIMANTE')
IF (IMPRE.GT.0) WRITE (IMPRIM,100) NTITRE
IF (IMPRE.GT.1) WRITE (IMPRIM,110) NREFE

C
CALL SDREST(M,'NOPO',NFNOPE,NINOPE,NZNOPO,19,NCNOPO,ICNOPO)
IANOP2 = M( ICNOPO + 8 )
NE = M(IANOP2 + 4)
NP = M(IANOP2 + 21)
NOE= M(IANOP2 + 14)

C
C      ----- ADRESSAGES -----
C      ON MAJORE LE NBRE DE NOEUDS ( DONC DE POINTS ) PAR 20 ...
C
NDIM = M(IANOP2)
NOE23 = NDIM * 20
CALL READRE(2,'XCOO',IACOO,NOE23,M,NRET)
NOE2 = 2 * 20
CALL READRE(1,'AUX ',IANOE,NOE2,M,NRET)
IAPOI = IANOE + 20
LREF = 26
CALL READRE(1,'NREF',IAREF,LREF,M,NRET)

C
LINDIC = 0
IANOP5 = M( ICNOPO + 17 )
IA = IANOP5
DO 10 J=1,NE
→ CALL CLNOPO(M,M,IA,NCGE,NDSDE,NNO,M(IANOE),NPO,M(IAPOI),
+      XM(IACOO),M(IAREF))
LONG = NTOT(NCGE)
ITEST = 0
DO 1 K=1, LONG
IF ( M(IAREF+K-1) .NE. 0 ) ITEST = 1
1 CONTINUE
IF ( ITEST .EQ. 0 ) GO TO 10
IDEB = LONG - NFAC(NCGE) + 1
IF ( NDIM .EQ. 2 ) IDEB = LONG - NARE(NCGE) + 1
DO 2 K=IDEB, LONG
IF ( M(IAREF+K-1) .NE. NREFE ) GO TO 2
LINDIC = LINDIC + 1
INDIC(LINDIC) = J
GO TO 3
2 CONTINUE
3 CONTINUE
10 CONTINUE
IF ( IMPRE .GT. 1 ) WRITE (IMPRIM,120) LINDIC
IF ( LINDIC .EQ. 0 ) GO TO 11
IF ( IMPRE .GT. 1 ) WRITE (IMPRIM,130) (INDIC(J),J=1,LINDIC)
11 CALL TUER('XCOO',M)
CALL TUER('AUX ',M)
CALL TUER('NREF',M)
IF ( IMPRE .GT. 0 ) WRITE (IMPRIM,140)
END

```

COLIB2

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Le module COLIB2 génère le maillage d'un domaine tridimensionnel par découpage en éléments finis d'un maillage grossier décrivant l'objet à considérer.

Le maillage grossier est constitué de quelques éléments (tétraèdres, pentaèdres et hexaèdres) sur lesquels sont donnés des points de contrôle. A partir de ces derniers, le mailleur subdivise chaque élément grossier et génère des points internes.

Remarque : Le module permet également de créer, avec la même méthode, des maillages bidimensionnels ou des maillages surfaciques à partir de segments, triangles et quadrangles dans l'espace.

2 - APPEL DU MODULE COLIB2

La section 3 décrit en détails le module COLIB2.

CONOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Construire une S.D. NOPO contenant un maillage de type P1 (noeuds = sommets) à partir de la description de chaque élément.

Le module peut être employé pour interfacer des maillages structurés de manière non "Modulef" pour les rendre compatible avec les modules du code après les avoir convertis en "NOPO".

2 - APPEL DU MODULE CONOPO

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,N,NN)

* appel du module

CALL CONOPO (M,M,NDIM,NE,NP,IADEX,IAREFS,IAREFA,IAREFF,IACOR,
NFNOPO,NINOPO)

avec :

M	: le super tableau
NDIM	: la dimension de l'espace
NE	: le nombre d'éléments à générer (décrits ci-dessous)
NP	: le nombre de sommets (décrits ci-dessous)
IADEX	: adresse dans M du tableau descriptif des NE éléments
IAREFS	: adresse dans M du tableau des numéros de référence des NP sommets
IAREFA	: adresse dans M du tableau des numéros de référence des arêtes des NE éléments
IAREFF	: (NDIM=3) adresse dans M du tableau des numéros de références des faces des NE éléments
IACOR	: adresse dans M du tableau des coordonnées des NP sommets
NF(NI)NOPS	: la S.D.S. NOPO (numéro et niveau)

L'utilisateur doit adresser dans M (cf. [1]) les tableaux descripteurs puis les remplir, c'est leurs adresses qui sont passées au module.

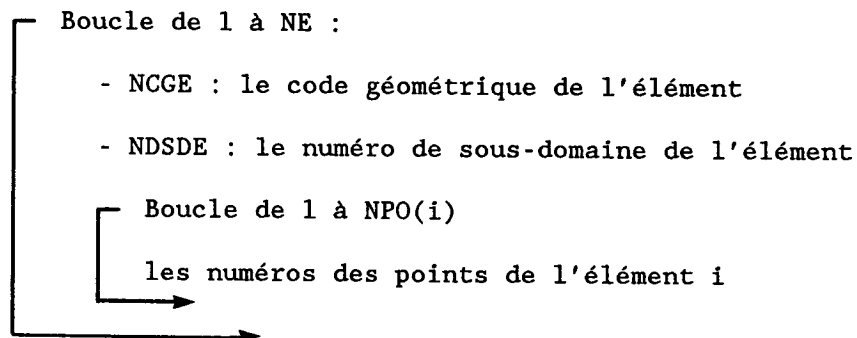
Les tableaux à fournir sont :

i) le descripteur des éléments : d'adresse IADEx

si $NPO(i)$ est le nombre de sommets de l'élément :

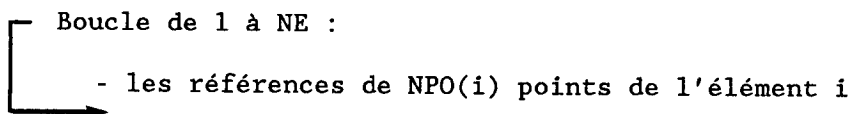
alors : $LDEX = \sum_{i=1}^{NE} (2+NPO(i))$ est la longueur du descripteur.

Ce tableau contient (dans l'ordre)



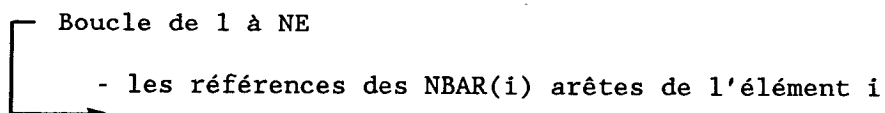
ii) les références des sommets : d'adresse IAREFS

De longueur $LREFS = \sum_{i=1}^{NE} NPO(i)$, il contient dans l'ordre



iii) les références des arêtes : d'adresse IAREFA

De longueur $LREFA = \sum_{i=1}^{NE} NBAR(i)$ ou $NBAR(i)$ est le nombre d'arêtes de l'élément i , il contient dans l'ordre



iv) les références des faces : (cas 3D) d'adresse IAREFF

De longueur LREFF = $\sum_{i=1}^{NE} \text{NBFA}(i)$ ou NBFA(i) est le nombre de faces de l'élément i, il contient dans l'ordre

Boucle de 1 à NE
- les références des NBFA(i) faces de l'élément i

v) les coordonnées des sommets : d'adresse IACoor

Ce tableau de longueur NDIM*NP contient les coordonnées des NP sommets dans l'ordre :

X(1), Y(1), X(2), Y(2) ... X(NP), Y(NP)

ou

X(1), Y(1), Z(1) ... X(NP), Y(NP), Z(NP)

pour NDIM = 3

Remarque : On se reportera à [2] pour se rappeler l'ordre des sommets, arêtes, faces d'un élément.

3 - MODULE DERIVE

Le module MAOBJE représente une version simplifiée du module CONOPO et sert à générer un maillage composé d'un seul (!) élément (segment, triangle...) servant à effectuer des tests rapides de tel ou tel module de la bibliothèque.

DEFNOP

S.D.E. NOPO, B

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Le module DEFNOP permet de construire la déformée d'un maillage (S.D.E. NOPO) en ajoutant aux coordonnées des sommets des éléments les valeurs d'un champ de déplacement (S.D.E. B) ; il s'agit donc d'un post traitement d'un problème en élasticité 2 ou 3D.

Le maillage résultat (S.D.S. NOPO) pourra par la suite être visualisé (cf. [96]).

2 - CONTRAINTES

Il s'agit uniquement d'élément de type Lagrange ou tels que les NDIR premiers D.L. correspondent à des déplacements.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur DEFNXX permet l'appel direct du module.

3.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * équivalence entre M(1) et un mot double précision
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL DEFNOP (M,M,M,NFNOPE,NINOPE,NFB,NIB,RAPORT,NO,NFNOPS,NINOPS,
NFNDL1,NINDL1)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro et niveau)
NF(NI)B : la S.D.E. B. (le fichier est séquentiel)
RAPORT : le rapport d'amplification des déplacements
NO : numéro du cas de charge à traiter (entre 1 et NDSM)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO (numéro et niveau)
NF(NI)NDL1 : la S.D.E. NDL1 nécessaire si ND = 0, sinon NFNDL1 = 0

DILNOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage (S.D.S. NOPO) obtenu après dilatation anisotropique.

2 - CONTRAINTES

Noeuds et points coïncident.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'DILA' du super module APNOPO permet d'activer le module, il en est de même pour APNOP3 en dimension 3.

3.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux entiers NNF et NNDS de longueur 2 (si non utilisés) ou $2 \times \text{LNNF}$ et $2 \times \text{LNDS}$ (voir ci-dessous)
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL DILNOP (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,A,B,C,XO,YO,ZO,LNNF,NNF,
LNDS,NNDS)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO après dilatation (numéro et niveau)
A,B,C : facteurs de dilatation dans les directions OX, OY, OZ resp.
XO,YO,ZO : coordonnées d'un point invariant par la dilatation
LNNF : nombre de références à modifier
NNF : le tableau de correspondance entre les LNNF anciens numéros de référence et les LNNF nouveaux
LNDS : nombre de sous-domaines à modifier
NNDS : le tableau de correspondance entre les LNDS anciens numéros de sous-domaine et les LNDS nouveaux

DTRI3D

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Découper un maillage 3D composé de tétraèdres, pentaèdres, hexaèdres en tétraèdres sans rajouter de points.

2 - CONTRAINTES

Noeuds et points coïncident.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'TETR' du super module APNOP3 permet l'activation du module DTRI3D.

3.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL DTRI3D (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,IOPT)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOP(E,S) : numéro et niveau de la S.D.E.(S) NOPO

Remarque : NINOPE = NINOPS est possible

IOPT ≠ 5 les hexaèdres sont découpés en 6 tétraèdres

= 5 les hexaèdres sont préférentiellement découpés en 5 tétraèdres

GEL3D1

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Mailler un domaine tridimensionnel homogène à un "cube" en tétraèdres, pentaèdres ou hexaèdres à partir de la donnée d'une répartition de points dans les 3 directions.

2 - MISE EN OEUVRE

La section 3 décrit en détails le module GEL3D1.

GEONOP

S.D.E. GEOM

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Transformer une S.D. GEOM en une S.D. NOPO (cas 3D).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur GEONXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL GEONOP (M,NFGEOM,NIGEOM,NFNOPO,NINOPO)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)GEOM : la S.D.E. GEOM (numéro de fichier et niveau)

NF(NI)NOPO : la S.D.S. NOPO (numéro de fichier et niveau)

GIBBS

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Renommer les noeuds d'un maillage ou renommer les noeuds et ses éléments. L'algorithme de GIBBS est utilisé.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'RENE' des super modules APNOPO et APNOP3 permettent d'activer le module pour renommer les éléments d'un maillage.

Le mot clé 'RENC' des mêmes modules permet de renommer les éléments et les noeuds d'un maillage.

Le préprocesseur GIBBXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL GIBBS (M,NOCODE,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,NOMTAB,LONTAB,IANOUV)

avec :

M : le super tableau

NOCODE : option de renommage

0 : renommage des noeuds

1 : renommage des noeuds des éléments

NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro et niveau)

NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO (numéro et niveau)

et en sortie :

NOMTAB : nom du tableau de correspondance (voir ci-dessous)

LONTAB : sa longueur

IANOUV : son adresse dans M

avec :

M(IANOUV+I+1) = nouveau numéro dans l'ancien noeud I

Ainsi on peut connaître la correspondance entre les numérotation initiale et résultat par l'intermédiaire de ce tableau créé dans le module.

MODULE GIBBS :
#####

EXEMPLE SUR LE MAILLAGE "AFFINI.RETR" (CF MODULE RETRIN)

NOMBRE D'ELEMENTS NE : 477
NOMBRE DE NOEUDS NOE : 274

I CARACTERISTIQUES I AVANT RENUMEROTATION I APRES RENUMEROTATION I				

I LARGEUR DE BANDE I		218	I	25 I

I PROFIL TOTAL	I	27416	I	4581 I
I PROFIL MOYEN	I	100.058	I	16.719 I

FIN DU MODULE GIBBS
#####

IMGEOM

S.D.E. GEOM

1 - BUT

Imprimer le contenu d'une structure de données GEOM (cf. [2]).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur IMAGXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL IMGEOM (M,NFGEOM,NIGEOM,IMPRE)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)GEOM : la S.D. GEOM (numéro du fichier et niveau)

IMPRE : le taux d'impression

0 : rien

1 ... 10 : de plus en plus d'impression (pour la valeur 10
l'ensemble de la S.D. est imprimé)

IMNOPO

S.D.E. NOPO

1 - BUT

Imprimer le contenu d'une structure de données NOPO (cf. [2]).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur IMAGXX permet l'appel direct du module.

Le mot clé 'IMPR' des super modules APNOPO et APNOP3 permet l'appel de ce module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL IMNOPO (M,NFNOPO,NINOPO,IMPRE)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPO : le fichier NOPO et son niveau

IMPRE : le taux d'impression

0 : rien

1 ... 10 : de plus en plus d'impression (pour la valeur 10 l'ensemble de la S.D. est imprimé)

.

INFOGE

S.D.E. GEOM

1 - BUT

Le module INFOGE permet d'imprimer certains items contenus dans un maillage (S.D. GEOM) en fonction de critères de sélection (voir ci-dessous).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur INFOXX permet l'appel direct du module (voir remarque ci-dessous).

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * restauration en mémoire centrale de la S.D. GEOM à traiter
cf. SDREST (cf. [1])
afin de connaître les adresses des tableaux génériques
"GEO2" "GEO3" "GEO4" "GEO5" "GEO6" et "GEO7"
- * appel du module

CALL INFOGE (M, IOPT, TYPESD, NIVEAU, TAB2, TAB3, TAB4, TAB5, TAB6, TAB7,
NUMREC, XREC, YREC, ZREC)

avec :

M : le super tableau

IOPT : le choix pour la sélection des items à imprimer.
voir INFONO qui propose le même choix.
Dans ce cas, seuls les options :
IOPT = 0, -1, 1, 6, 10, 11 soient respectivement :
rien, IMGEOM, 'GEO2', point de référence donnée, éléments
de sous-domaine donné, coordonnées d'un point
sont accessibles. (voir Remarque ci-dessous)

TYPESD : le type de la S.D., ici TYPESD = 'GEOM' (Character*4)

NIVEAU : le niveau de la S.D.

TAB2...TAB7 : les tableaux "GEO2" ... "GEO7"

NUMREC : le numéro servant à la recherche
XREC,YREC,ZREC : la coordonnée à rechercher

Remarque : De par le mode de stockage des informations dans une S.D. GEOM, le choix guidé par le paramètre IOPT entraine des calculs complexes, c'est pour cette raison que seules certaines sélections sont possibles, dans les autres cas :

i) on utilisera INFOXX ;

ou

ii) on utilisera GEONOP puis INFONO (pages suivantes).

INFONO

S.D.E. NOPO

1 - BUT

Le module INFONO permet d'imprimer certains items contenus dans un maillage (S.D. NOPO) en fonction de critères de sélection (voir ci-dessous).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur INFOXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * restauration en mémoire centrale de la S.D. NOPO à traiter
cf. SDREST (cf. [1])
afin de connaître les adresses des tableaux génériques
"NOP2" "NOP4" et "NOP5"
- * appel du module

CALL INFONO (M,IOPT,TYPESD,NIVEAU,TAB2,TAB4,TAB5,NUMREC,XREC,YREC,ZREC)

avec :

M	: le super tableau
IOPT	: le choix pour la sélection des items à imprimer.
0	: rien
-1	: appel de IMNOPO avec NUMREC comme taux d'impression
-2	: vérification des éléments du maillage (test des surfaces, volumes...)
1	: impression du tableau "NOP2" : le descripteur général du maillage
2	: impression de l'élément NUMREC du maillage
3	: impression des éléments contenant le point NUMREC (ses coordonnées sont affichées)

- 4 : impression des éléments contenant le point de coordonnées XREC,YREC(ZREC) ou un point voisin immédiat
- 5 : impression des éléments contenant le noeud NUMREC
- 6 : impression des points de référence NUMREC donnée
- 7 : idem à 6 pour les noeuds
- 8 : impression des éléments ayant une arête de référence NUMREC donnée
- 9 : idem pour les éléments ayant une arête ou une face de référence NUMREC donnée
- 10 : impression des éléments de numéro de sous-domaine NUMREC donné
- 11 : coordonnées du point de numéro NUMREC
- 12 : impression des éléments ayant une face de référence NUMREC donnée

TYPESD : le type de la S.D., ici TYPESD = 'NOPO' (Character*4)

NIVEAU : le niveau de la S.D.

TAB2,TAB4,

TAB5 : les tableaux "NOP2", "NOP4", "NOP5"

NUMREC : le numéro servant à la recherche

XREC,YREC,

ZREC : les coordonnées à rechercher

INITI (INITIS)

1 - BUT

Initialiser les variables nécessaires à toute utilisation de module de la bibliothèque MODULEF.

L'appel de cet utilitaire est donc indispensable.

2 - APPEL DE L'UTILITAIRE

Dans chaque programme d'appel d'un ou plusieurs modules il faut après les instructions de dimensionnement, d'équivalence, ... appeler le programme INITI (ou INITIS).

CALL INITI (M,LM,IMPRE,NNN) (INITIS à les mêmes arguments)

avec :

M	:	le super tableau
LM	:	le nombre de mots de ce tableau
IMPRE	:	paramètre d'impression pendant l'exécution
		0 : pas d'impression
		1... : de plus en plus d'impression.
NNN	:	paramètre d'impression des tables
		0 : pas d'impression
		1,2,3 : impression de chaque opération affectant les tables
		(adressages de tableaux...), impression croissante
		avec NNN

Cet utilitaire est dans la bibliothèque UTIL.

3 - DONNEES

Le sous-programme INITI demande à l'utilisateur un titre lu selon les règles du format libre (cf. [1]), le sous-programme INITIS ne nécessite pas de données.

MA2D3D

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Mailler un domaine tridimensionnel se déduisant par "translation" d'un domaine bidimensionnel.

2 - MISE EN OEUVRE

La section 3 décrit en détails le module MA2D3D.

MODNOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage obtenu (S.D.S. NOPO) après plusieurs transformations géométriques (translation, dilatation, rotation, symétrie, transformation linéaire quelconque et identité).

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Cadre bidimensionnel

Les mots clés 'TRAN', 'DILA', 'ROTA', 'SYMD' du super module APNOPO permettent d'activer le module pour effectuer la transformation géométrique correspondante (translation, dilatation,...).

2.2. Cadre tridimensionnel

Les mêmes mots clé du super module APNOP3 jouent le même rôle pour les maillages 3D.

2.3. Le préprocesseur MODNXX permet l'appel direct du module.

2.4. Appel "batch" du module NIONOP

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux entiers NNF, NNDS et ITYPE aux longueurs : $2 \times \text{LNNF}$, $2 \times \text{LNDSD}$ et NTRANS (voir ci-dessous le sens de ces valeurs)
- * déclaration du tableau réel TRANS à la dimension (12,NTRANS)
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL MODNOP (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,NTRANS,ITYPE,TRANS,INVER,LNNF,
NNF,LNDSD,NNDS)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro du fichier et niveau)

NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO transformée

NTRANS : nombre de transformations successives à appliquer au maillage

ITYPE(NTRANS) : tableau de dimension NTRANS des types de transformation :

ITYPE(I) = 0 : identité

= 1 : translation d'un vecteur \vec{u}

= 2 : symétrie par rapport à une droite (2D)
symétrie par rapport à un plan (3D)

= 3 : rotation d'angle θ autour d'un point en 2D
autour d'une droite quelconque en 3D

= 4 : dilatation

= 10 : transformation linéaire quelconque

$X' = A * X + B$

TRANS(12,NTRANS) : tableau contenant pour chacune des transformations les paramètres nécessaires ; soit pour la Iième :

Identité : aucune paramètre

Translation : A,B,C, : les 3 composantes du vecteur de translation

TRANS(1,I) = A

TRANS(2,I) = B

TRANS(3,I) = C

Symétrie 2D : A,B,C : coefficients de l'équation de la droite de symétrie :

$Ax + By + C = 0$

3D : A,B,C,D : coefficients de l'équation du plan de symétrie :

$Ax + By + Cz + D = 0$

TRANS(1,I) = A

TRANS(2,I) = B

TRANS(3,I) = C

(TRANS(4,I) = D)

Rotation : A,B,C,XO,YO,ZO,TETA

(A,B,C) : composantes d'un vecteur directeur de l'axe de rotation

(XO,YO,ZO) : coordonnées d'un point invariant

TETA : angle de la rotation en degrés

TRANS(1,I) = A ... TRANS(7,I) = TETA

Dilatation : A,B,C,X0,Y0,Z0

(A,B,C) : coefficients de la dilatation

(X0,Y0,Z0) : coordonnées d'un point invariant

TRANS(1,I) = A ... TRANS(6,I) = Z0

Transformation linéaire : A(3,3), B(3)

A(3,3) : les 9 termes de la matrice A,
ligne par ligne

B(3) : les 3 termes du second membre

$X' = AX + B$

TRANS(1,I) = A(1,1) ... TRANS(12,I) = B(3)

INVER : inversion des éléments, valeur 1
sinon 0

Dans le cas d'une isométrie négative, il est donc nécessaire d'inverser le sens de tous les éléments. Ce paramètre est laissé à la charge de l'utilisateur.

On aura inversion des éléments dans le cas d'une symétrie, d'une dilatation avec 1 ou 3 coefficients négatifs ou d'une transformation linéaire correspondant à une isométrie négative.

LNNF : nombre de références à modifier

NNF : le tableau de correspondance entre les LNNF anciens
numéros de référence et les LNNF nouveaux

LNDSO : nombre de numéros de sous-domaine à modifier

NNDSO : le tableau de correspondance entre les LNDSO anciens
numéros de sous-domaine et les LNDSO nouveaux

Remarque : en définissant une identité on peut utiliser ce module pour modifier uniquement des numéros de référence ou de sous-domaine.

NOP2P1

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Le module NOP2P1 transforme une S.D. NOPO contenant des triangles P2 en une S.D. NOPO contenant des triangles P1. Chaque triangle P2 est décomposé en 4 triangles P1. La numérotation des noeuds reste inchangée.

Ce module est utile pour le post-traitement. En effet, si un problème présente des symétries il est possible de le résoudre uniquement sur une partie du domaine. Il est par contre intéressant de visualiser les résultats sur l'ensemble du domaine. Ceci va nécessiter une symétrisation du maillage et un recollement au niveau du maillage (S.D. NOPO) et des solutions (S.D.B.). Une telle opération (SYMETRIE, RECOLLEMENT) est réalisable uniquement pour des interpolations de type P1 ou Q1 d'où l'intérêt du module NOP2P1.

2 - LIMITES D'UTILISATION

Ce module est conçu pour le traitement des maillages contenant exclusivement des triangles P2.

3 - MISE EN OEUVRE

- * déclaration du tableau M de LM mot dans le common blanc
- * équivalence entre M(1) et une variable double précision
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL NOP2P1 (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau) (maillage P2)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO (maillage P1)

NOPGEO

S.D.E. NOPO

S.D.S. GEOM

1 - BUT

Transformer une S.D. NOPO (de type noeuds = sommets) en une S.D. GEOM.

Ceci permet, pour le cas 3D, de gagner du temps dans les programmes de visualisation.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur NOPGXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL NOPGEO (M,NFNOPO,NINOPO,NFGEOM,NIGEOM,NCCF)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPO : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)

NF(NI)GEOM : la S.D.S. GEOM

NNCF : le nombre de composantes convexes de la frontière ou 0

FIGRA

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - INTRODUCTION

The aim of the module FIGRA is to modify a triangulation, issued by programs of automatic decomposition of the library MODULEF, in order to generate a mesh of the weakly acute type. Namely, a mesh where all the angles θ verify $\theta \leq \pi/2$.

It is known that this geometrical condition implies the existence of a discrete maximum principle when approximating the Laplace operator with conforming piecewise linear finite elements. Hence, this program is useful to deal with problems that have to verify the discrete maximum principle. This is the main reason why FIGRA has been written. It was for us a first (and necessary) step for another program. Nevertheless, it has been written in a general finite element framework, so that it can be used to "regularize" a decomposition, whatever kind of finite element approximation is employed.

The algorithm is very simple. The topological structure of the input mesh remains unchanged (i.e., no triangles are added or eliminated) and the boundary points are not displaced. Each internal vertex is moved, within an iterative procedure, to become the barycenter of the polygon made by its neighbours. This algorithm has of course some limits, as we shall see later. However, it is quite effective and it converges in few steps, provided the input mesh is not too bad.

2 - THE ALGORITHM

Within an iterative procedure, the position of the internal vertices changes at each step, according to the following rule. Define "polygon associated with a vertex" the reunion of the triangles which the vertex belongs to. Then each vertex is displaced to be the barycenter of its associated polygon. Denoting by $\delta x_i^{(n)}$ the displacement of the i^{th} vertex at the n^{th} step, the procedure stops when all vertices verify $\delta x_i^{(n)} \leq 10^{-3} * D$, where D is a scale parameter, chosen by the user. (Approximatively, we suggest a choice for D of the order of the diameter of the domain). The resulting new mesh is then checked to ensure that all the angles are $\leq \pi/2$ and that no degenerations have been produced in the original topological structure of the decomposition.

3 - LIMITS AND FAILURES

Since the algorithm is purely heuristic, examples where it does not work can be easily constructed. For instance, if a vertex belongs to only four triangles, the possibility of getting a mesh verifying the angle condition $\theta \leq \pi/2$ is hopeless, unless the four triangles make a rhomb. In such a case, a warning message will appear, but the algorithm will start anyway, for users interested in just regularizing the mesh.

The possible failures of the algorithm are the following :

- 1 - Non convergence, that is, after 50 iterations a stable configuration is not reached yet. In such a case, which never occurred in our tests, the program stops and the user has to change the data and to try again.
- 2 - The algorithm converges, but degenerations arise in the mesh. This might happen if the domain is not convex. No output is produced in this case. Our suggestion is to present the domain as a reunion of convex subdomains and to apply PIGRA to each of them.
- 3 - The algorithm converges, but a few angles are still $> \pi/2$. In this case the new mesh is given anyway, as well as the list of the "bad" vertices. If necessary, these can be modified directly by the user (for instance by changing their coordinates by means of the module MONOPO of the library MEFNOPO).

4 - USAGE

. The main program

- * déclaration of the super table M of LM words in the blank common
- * initialisation of the job (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * call of the module

CALL PIGRA (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS)

with :

M : the super table
NF(NI)NOPE : the input data structure NOPO (file and level)
NF(NI)NOPS : the output data structure NOPO (file and level)

. Subroutine and function subprogram required

None

5 - OUTPUT OF THE MODULE

If no degenerations have been produced in the original mesh, the output of the module is a new S.D. NOPO modified as follows :

. the vector NOP4 contains the new coordinates of the vertices

. If NCOPNP = 1 (i.e., if P_1 continuous elements will be used) a new vector is associated with the S.D. NOPO (tableau associé), described by :

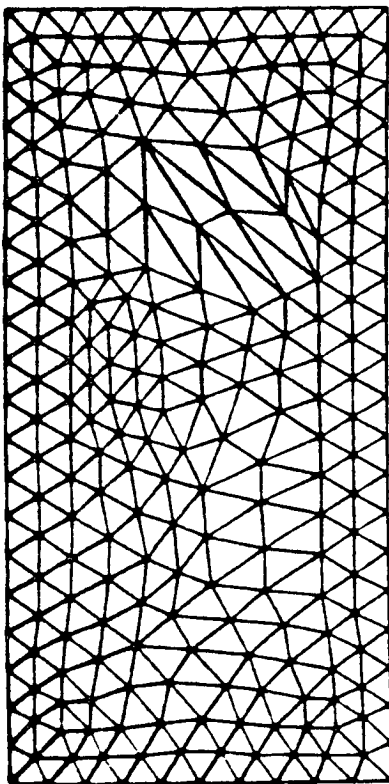
Name = IFRO, Type = 1 (Integer), Length = NP+1 (NP = number of vertices),

IFRO(1) = maximum number of neighbours of a vertex

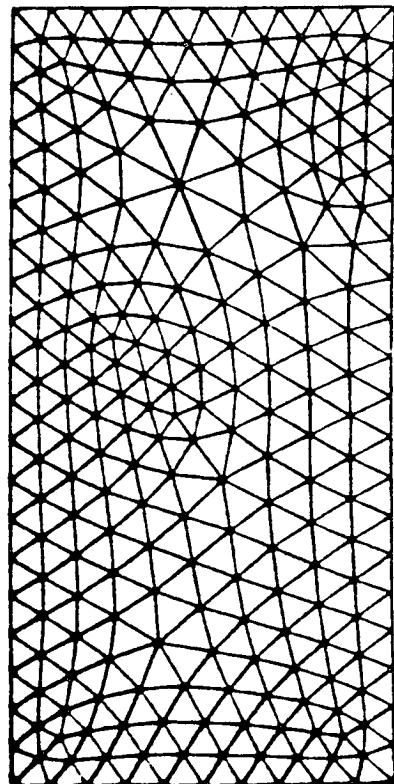
IFRO(I+1) = 0 the I^{th} vertex is internal

= k the I^{th} vertex belongs to be k^{th} boundary

6 - EXEMPLES



(a) before PIGRA



(b) after PIGRA

Figure 1 : Mesh of 440 elements and 251 nodes

QUA4TR

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Transformer chaque quadrangle d'un maillage bidimensionnel composé de quadrangles et de triangles en 4 triangles.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'Q4T' du super module APNOPO permet l'appel de ce module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL QUA4TR (M,M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)

NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO

QUACOO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Ce module génère le maillage en triangles ou quadrangles d'un domaine bidimensionnel à partir de la donnée de son contour. Le domaine à mailler est "semblable" à un quadrilatère.

2 - MISE EN OEUVRE

L'appel direct de ce module, bien que possible, se révèle assez complexe. Il est donc préférable de l'appeler via le module général APNOPO, décrit en section 1, à l'aide du mot clé 'QUAC'.

RECOLC

S.D.E. NOPO B 1 et 2

S.D.S. NOPO B

1 - BUT

Le module RECOLC permet de recoller deux maillages (S.D.E. NOPO 1 et 2) afin de n'en former qu'un seul (S.D.S. NOPO).

De plus il permet de recoller les deux structures de données B, contenant le champ de solution du problème traité, correspondantes aux deux maillages initiaux afin de n'en former qu'une seule.

2 - BUT

Les maillages (comme les solutions) sont de type P1 (noeuds = sommets).

3 - METHODE D'IDENTIFICATION DES ITEMS COMMUNS

Un maillage est composé d'éléments ayant des faces, des arêtes et des sommets. La zone de recollement de deux maillages peut comprendre des faces, des arêtes et des sommets.

La recherche de ces items communs se fait de la façon suivante :

i) points communs (coïncidence géométrique)

On englobe les 2 maillages initiaux dans une boîte dont on calcule les dimensions Δx , Δy et Δz .

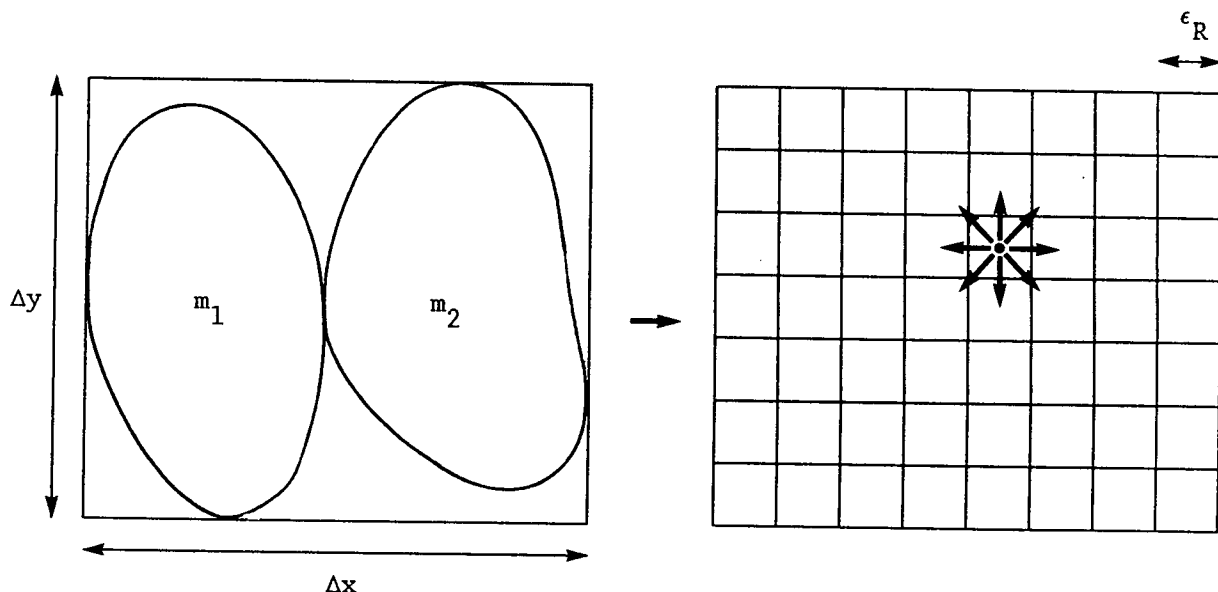
Pour ϵ donné (la tolérance) on détermine le pas $\epsilon_\eta = \epsilon \times \max(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ (il est raisonnable que $10^{-5} < \epsilon < 10^{-3}$) qui donne le pouvoir de séparation de l'algorithme.

A partir de ϵ_η , par une technique de hcoding, on discrétise l'espace en blocs. Les points des maillages 1 et 2 sont ensuite distribués dans ces blocs. Alors :

- on cherche les points recollables au sens des blocs :
pour cela on regarde, pour un point du maillage 1, les points du maillage 2 situés dans le même bloc ou dans les voisins.
- il suffit alors de vérifier que :
$$\sup |x_1^i - x_2^i| < \epsilon_\eta$$

(ou x_1^i désigne la coordonnée i du point 1, x_2^i celle du point 2)
pour assurer que 2 points sont confondus.

Cette technique donne un algorithme extrêmement rapide pour trouver les points communs à 2 ensembles.



ii) points communs (coincidence totale)

En plus de l'identification géométrique le programme peut vérifier les numéros de référence de 2 points :

- option 1 : * 2 points confondus ont la même référence : ils sont confondus.
 * 2 points confondus n'ont pas la même référence : ils sont considérés comme distincts.
- option 2 : * 2 points confondus ont la même référence : ils sont confondus.
 * 2 points confondus n'ont pas la même référence : ils sont néanmoins identifiés mais le point correspondant se voit affecter la référence 0.

iii) arêtes communes

Deux arêtes sont confondues si les 2 points, extrémités de celles-ci, sont identifiés via le processus i) ou ii).

iv) faces communes

Deux faces sont confondues si leurs points sont identifiés via le processus i) ou ii).

4 - MISE EN OEUVRE

4.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'RECO' des super modules APNOPO et APNOP3 permet d'appeler le module RECOLC.

Le préprocesseur RECOXX permet l'appel direct du module.

4.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL RECOLC (M,M,EPS,NFNOP1,NINOP1,NPNOP2,NINOP2,IOPT,IEB,NFB1,NIB1,
NFB2,NIB2,NFNOPS,NINOPS,NFBS,NIBS,NTBS)

avec :

M : le super tableau
EPS : tolérance
NF(NI)NOP1 : le premier maillage (fichier et niveau)
NF(NI)NOP2 : le second maillage
IOPT : option de recollement
0 : recollement géométrique pur
1 : recollement avec vérification des références
IEB : recollement de
0 : 2 maillages
1 : 2 maillages et leur 2 champs de solution associée
(S.D. B)
NF(NI)B1 : si IEB = 1 la première solution (fichier et niveau)
NF(NI)B2 : si IEB = 1, la seconde solution
NF(NI)NOPS : le maillage résultat (fichier et niveau)
NF(WI)BS : la solution recollée (fichier et niveau) si IEB = 1
NTBS : nombre de tableaux a associer à la S.D.S. B (voir remarque
2)

Remarque 1 : Il peut être nécessaire, pour recoller de gros maillages, de disposer d'un tableau M très grand. Si cela se révèle impossible, on peut utiliser deux super tableaux M1 et M2 qu'il convient alors de déclarer au départ puis d'appeler

CALL RECOLC (M1,M2,...)

Remarque 2 : NTBS est généralement nul. Sinon, on lira, en format libre (cf. [1]), les données suivantes :

Boucle I de 1 à NTBS

* nom du tableau (4 caractères)

* type du tableau 1:entier, 2:réel, 3:logique, 4:caractère,
5:réel double, 6:complexe, 7:double complexe

* nombre de mots du tableau (et non pas le nombre de
variables !)

- Soient L le nombre de mots du tableau
L1 le nombre de ses variables"

(L = ϵ * L1 avec

ϵ = 1 pour le type de tableau = 1,2,3,4,6

ϵ = 2 pour le type de tableau = 5,7)

* les L1 variables

* commentaire de 18 mots de 4 caractères sur le contenu du
I^{ème} tableau (FORMAT 18A4)

fin de la boucle des NTBS tableaux à lire

REFNOP

S.D.E. NOPO

1 - BUT

Trouver dans le maillage (S.D. NOPO) les éléments :

- dont une face est référencée à un numéro donné (cas 3D)
- dont une arête est référencée (cas 2D)

Sortir les numéros de ces éléments dans un tableau utilisable par la suite.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur REFNXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration du tableau entier TABNUM de LTAB mots
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL REFNOP (M,M,M,NFNOPO,NINOPO,NREF,TABNUM,LTABNUM)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPO : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)
NREF : numéro de la référence cherchée

en sortie

TABNUM : numéro de ces éléments
LTABNUM : nombre d'éléments trouvés

Remarque : on majorera LTAB en entrée

REFPOI

S.D.E. NOPO

1 - BUT

Trouver dans le maillage (S.D. NOPO) la liste des points de référence donnée.

Sortir les numéros de ces points dans un tableau utilisable par la suite.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le préprocesseur REFPXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* déclaration du tableau entier TABNUM de LTAB mots

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL REFPOI (M,M,M,IACOR,NP,NFNOPO,NINOPO,NREF,TABNUM,LTABNUM)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPO : la S.D.E. NOPO (fichier et niveau)

NREF : numéro de la référence cherchée

en sortie

TABNUM : numéro des points trouvés

LTABNUM : nombre de points trouvés

Remarque : on majorera LTAB en entrée

IACOR : adresse dans M du tableau "NOP4" (cf. [2])

NP : nombre de points du maillage

REGMA2

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Régulariser un maillage 2D en déplaçant chaque sommet non frontalier au barycentre des barycentres des éléments le contenant.

Le processus est itératif.

Certains points ne sont pas affectés par la régularisation :

i) des points donnés par leur numéro par l'utilisateur (pour des applications particulières)

ii) tout point appartenant à deux éléments de numéro de sous-domaine différent

iii) tout point ayant une référence non nulle

iv) tout point frontalier (évidemment).

Remarque : il est bon de s'assurer (par visualisation par exemple) que le résultat est un maillage correct.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'REGU' du super module APNOPO permet d'appeler le module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* déclaration du tableau entier NPFIX de NBFIX mots

* appel du module

CALL REGMA2 (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,NBI,NPFIX,NBFIX)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (fichier et niveau)

NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO

NBI : le nombre d'itérations à effectuer

NPFIX : la liste des points particuliers à ne pas bouger
NBFIX : le nombre de tels points (en général NBFIX = 0, voir 1)

3 - EXEMPLE

Nous reprenons l'exemple du maillage du moteur de la section 1 et nous donnons :

- i) le maillage initial
- ii) le résultat après régularisation (NBI = 5)

MODULEF : george

TEST MAILLAGE SUR LE MOTEUR SNCF-RATP

29/09/88

maillage.inter

908 POINTS

908 NOEUDS

1680 ELEMENTS

1680 TRIANGLES

2 TROU(S)

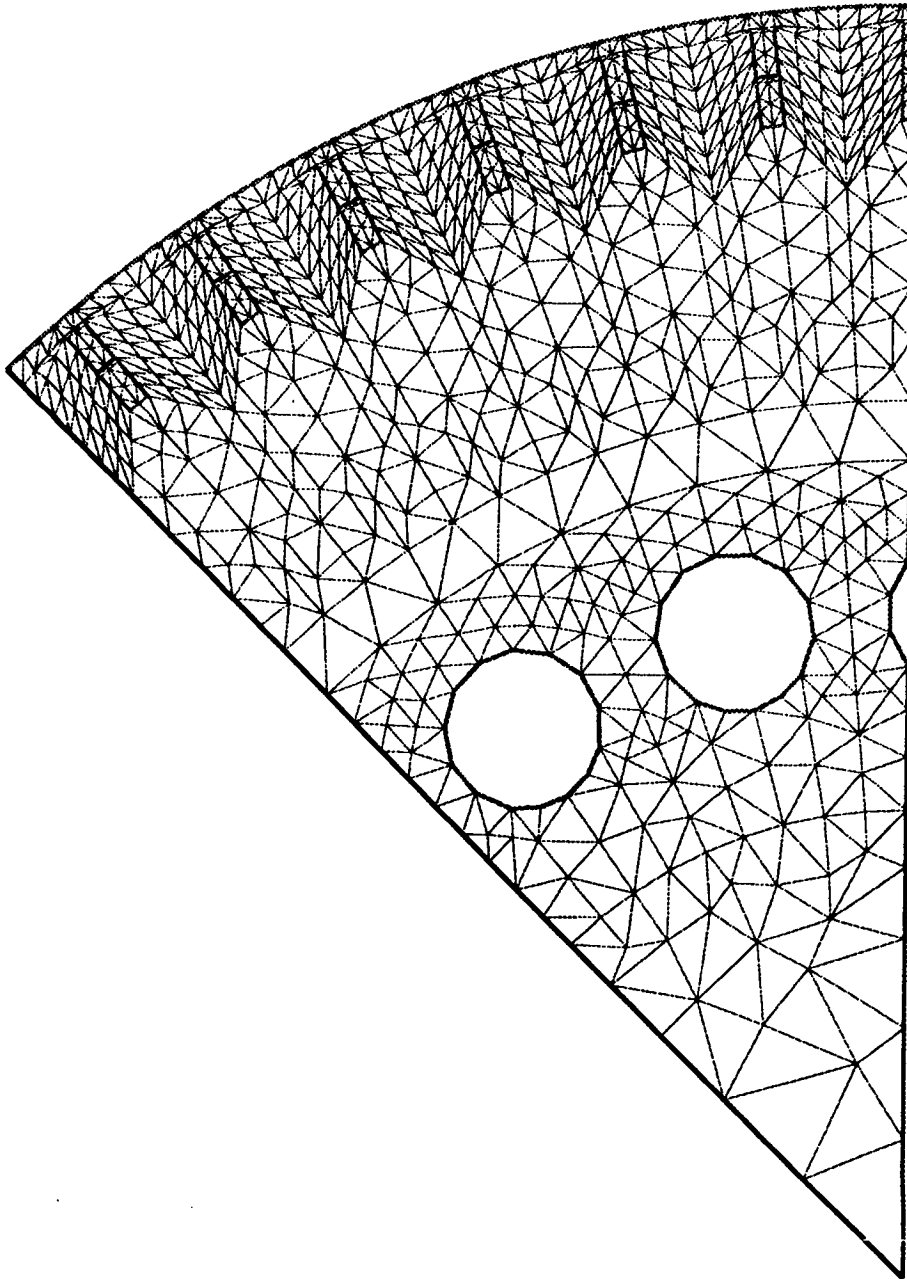
COIN BAS GAUCHE :

-0.21E-01 -0.70E-01

COIN HAUT DROIT :

0.44 0.37

(i) le maillage initial



MODULEF : george

TEST MAILLAGE SUR LE MOTEUR SNCF-RATP

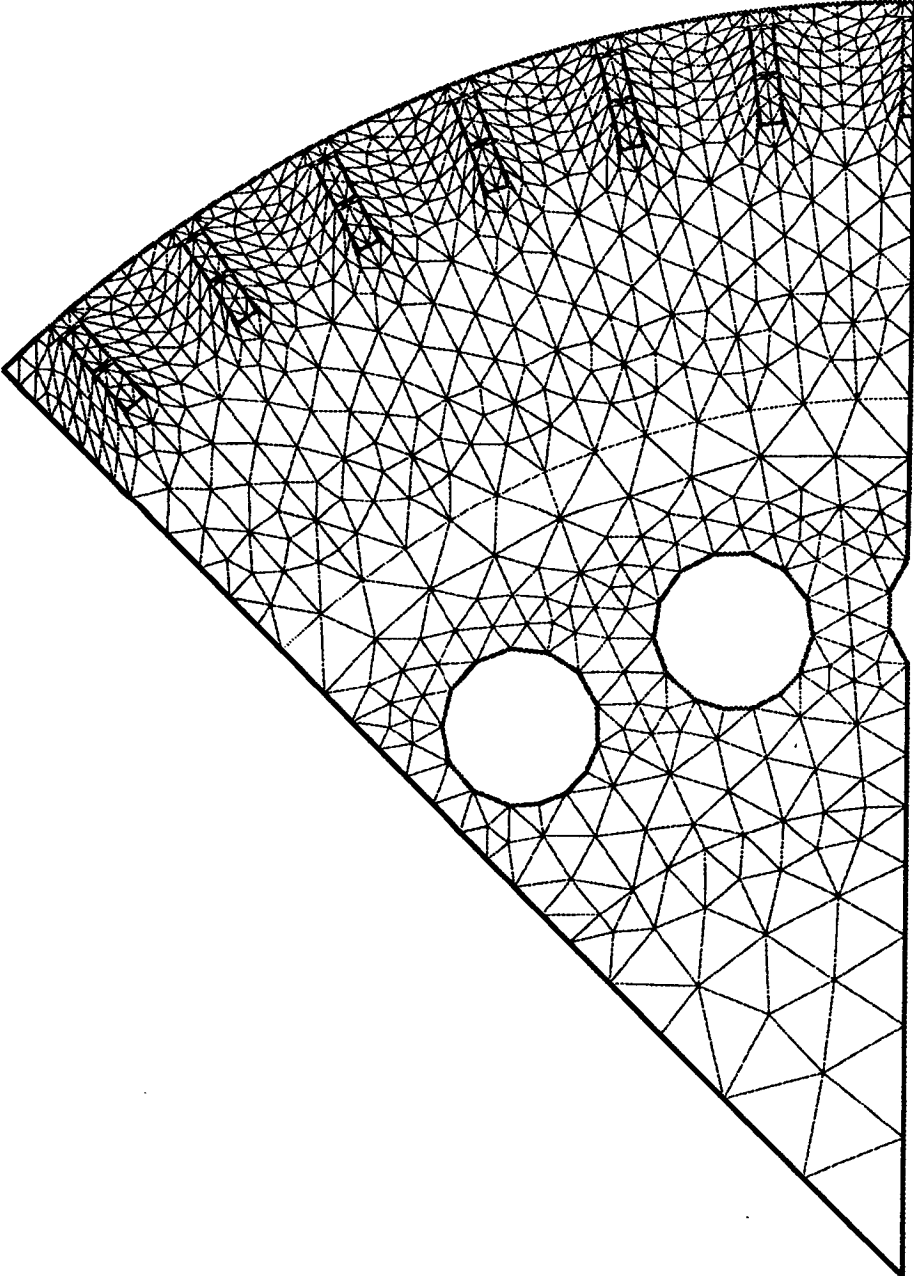
29/09/88

inter.regu

908 POINTS
908 NOEUDS
1680 ELEMENTS
1680 TRIANGLES
2 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :
-0.21E-01 -0.70E-01
COIN HAUT DROIT :
0.44 0.37

(ii) le résultat après
régularisation (NBI = 5)



RETRIN

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage obtenu (S.D.S. NOPO) après découpe de chaque élément en N , N^2 ou N^3 éléments de même type selon la nature des éléments et la dimension de l'espace.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé "RETR" des super modules APNOPO et APNOP3 permet l'appel du module.

Le préprocesseur RETRXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration du tableau entier NNFRON de longueur 1 ou NBFRON si besoin est (voir ci-dessous)
- * déclaration du logique FONINT
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL RETRIN (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,NAUXI,N,NBFRON,NNFRON,
FONINT,FFRONT)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO du maillage retriangulé
NAUXI : à initialiser à 0
N : le paramètre de subdivision
un segment sera découpé en N sous-segments
triangle et quadrangle en N^2 sous-triangles (quadrangles)
tétraèdre, pentaèdre et hexaèdre en N^3 sous-éléments de même type

NBFRON : cas 2D : nombre de numéro de référence définissant des
frontières données par une fonction FFRONT
cas 3D : 0

NNFRON : liste des numéros de tels frontières (cas 2D) si des
projections sont à effectuer

FONINT : à initialiser à .FALSE.

FFRONT : le nom de la subroutine de projection si besoin est (cf.
section 1)
En cas d'utilisation il faudra écrire et lier cette
subroutine

MODULEF : george

12/01/89

affini.retr

274 POINTS

274 NOEUDS

477 ELEMENTS

9 SEGMENTS

468 TRIANGLES

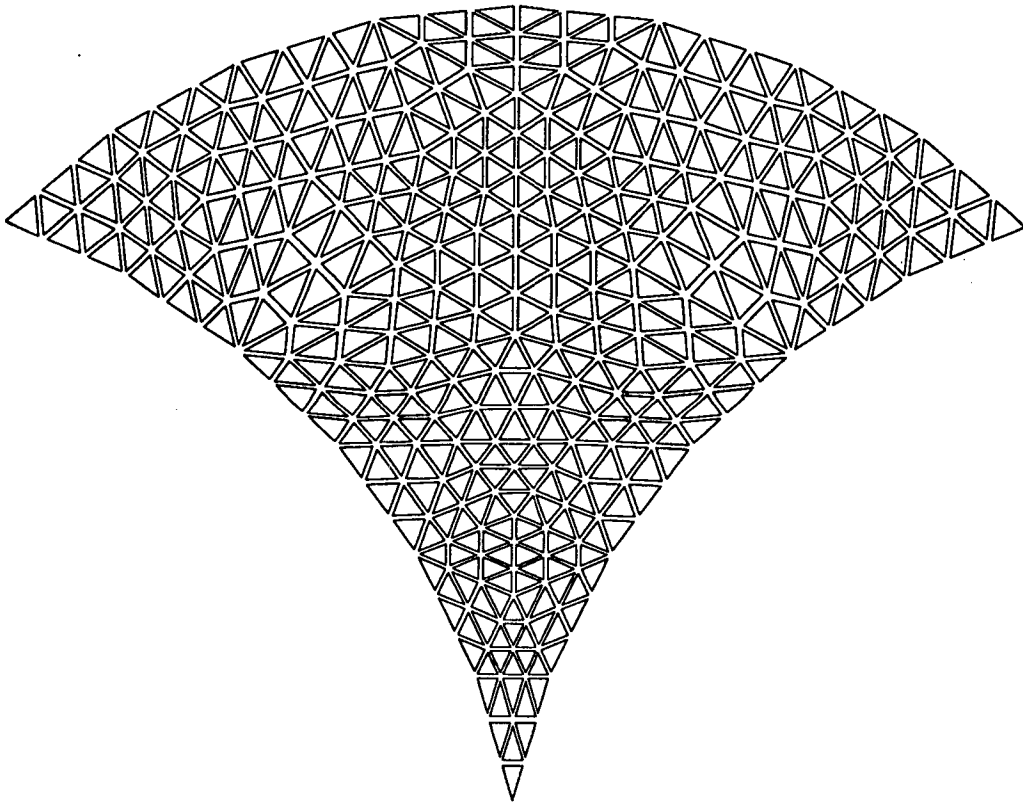
0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :

-3.4 -4.3

COIN HAUT DROIT :

5.4 4.3



ROTNOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage obtenu (S.D.S. NOPO) après :

- rotation autour d'une droite de vecteur directeur $u(A,B,C)$ passant par un point $P(XO,YO,ZO)$ d'un angle TETA en 3D.
- rotation autour d'un point $P(XO,YO,ZO)$ d'un angle TETA en 2D.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'ROTA' des super modules APNOPO et APNOP3 permet d'appeler ce module.

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux entiers NNF et NNDSO déclarés à la longueur 2 si non utilisés ou (2,LNNF) et (2,LNDSO) sinon
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL ROTNOP (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,A,B,C,XO,YO,ZO,TETA,LNNF,
NNF,LNDSO,NNDSO)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO après rotation
A,B,C : composantes d'un vecteur directeur de l'axe de rotation
XO,YO,ZO : coordonnées d'un point de l'axe
TETA : angle de rotation en degrés
LNNF : nombre de références à modifier
NNF : le tableau de correspondance entre les LNNF anciens numéros de référence et les LNNF nouveaux
LNDSO : nombre de sous-domaines à changer
NNFDS : le tableau de correspondance entre le LNDSO anciens numéros de sous-domaine et les LNDSO nouveaux

SYMNOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage obtenu (S.D.S. NOPO) après :

- symétrie par rapport à un plan, d'équation $ax + by + cz + d = 0$
- symétrie par rapport à une droite, d'équation $ax + by + c = 0$

3 - CONTRAINTES

Le cas traité est bien sûr tridimensionnel dans le premier cas et bidimensionnel dans le second.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'SYMD' ou 'SYMP' des super modules APNOPO et APNOP3 permet l'appel de ce module.

3.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux entiers NNF et NNDSO déclarés à la longueur 2 si non utilisés ou (2,LNNF) et (2,LNDSO) sinon
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL SYMNOP (M,M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,A,B,C,D,LNNF,
NNF,LNDSO,NNDSO)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO symétrique

A,B,C,D : l'équation du plan de symétrie sous la forme
Ax + By + Cz + D = 0
dans le 1er cas

A,B,C : l'équation de la droite de symétrie sous la forme
Ax + By + C = 0 dans le second cas

LNNF : nombre de référence à modifier

NNF : le tableau de correspondance entre les LNNF anciens
numéros de référence et les LNNF nouveaux

LNDSO : nombre de sous-domaine à modifier

NNDSO : le tableau de correspondance entre les LNDSO anciens
numéros de sous-domaine et les LNDSO nouveaux

TN2D3D

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

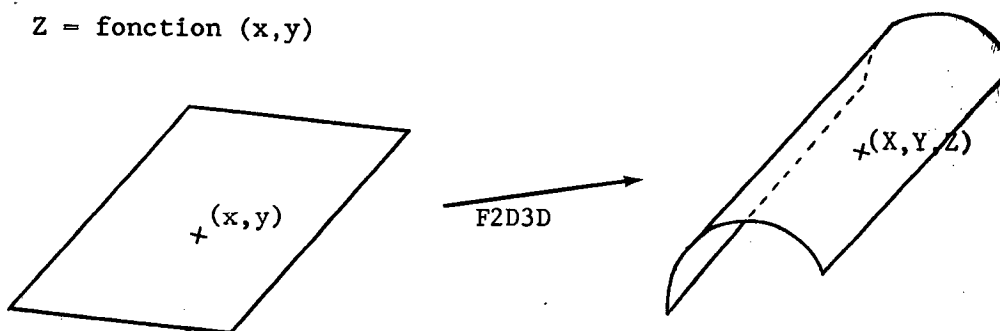
1 - BUT

Le module permet de construire à partir d'un maillage dans le plan (S.D.E. NOPO 2D) le maillage dans l'espace de la surface composée des éléments dont les sommets ont les coordonnées suivantes :

$X = \text{fonction } (x,y)$

$Y = \text{fonction } (x,y)$

$Z = \text{fonction } (x,y)$



2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'SU23' du super module APNOP3 permet d'activer ce module.

Le préprocesseur TN2DXX permet l'appel direct du module.

2.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration du logique FONINT
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL TN2D3D (M,NFNO2D,NINO2D,NFNO3D,NINO3D,NTNO3D,FONINT,F2D3D,NTRANS)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NO2D : la S.D.E. NOPO (fichier et niveau)

NE(NI)N3D : la S.D.S. NOPO
NTN03D : le nombre de tableaux à associer à la S.D.S. (voir remarque 1)
FONINT : initialisé à .FALSE.
F2D3D : le nom de la subroutine à écrire et lier (voir remarque 2)
NTRANS : le type de la transformation
3 : maillage 2D → maillage 3D
2 : maillage 2D → maillage 2D
1 : maillage 1D → maillage 2D

Remarque 1 : si NTN03D ≠ 0 il faut donner les tableaux à associer (cf. RECOLC)

Remarque 2 : F2D3D est une subroutine de la forme :

SUBROUTINE F2D3D (X,Y,X3,Y3,Z3)

avec :

X,Y : les coordonnées du point générique 2D
X3,Y3,Z3 : le résultat, i.e. les coordonnées du point 3D déduit

Remarque 3 : par une approche différente, le module MA2D3D permet également de construire des surfaces dans l'espace.

MODULEF : george

TEST-TN2D3D

19/10/88

tn22.nopo

483 POINTS

483 NOEUDS

440 ELEMENTS

440 QUADRANGLES

0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :

-1.7 -0.15

COIN HAUT DROIT :

1.7 3.2

MODULEF : george

19/10/88

tn23.nopo

483 POINTS
440 FACES
440 VOLUMES
1 COMPOSANTE(S) O
1 COMPOSANTE(S) F

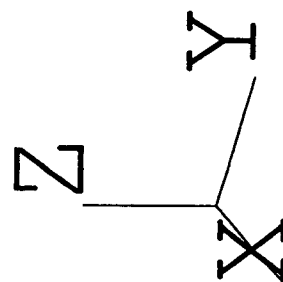
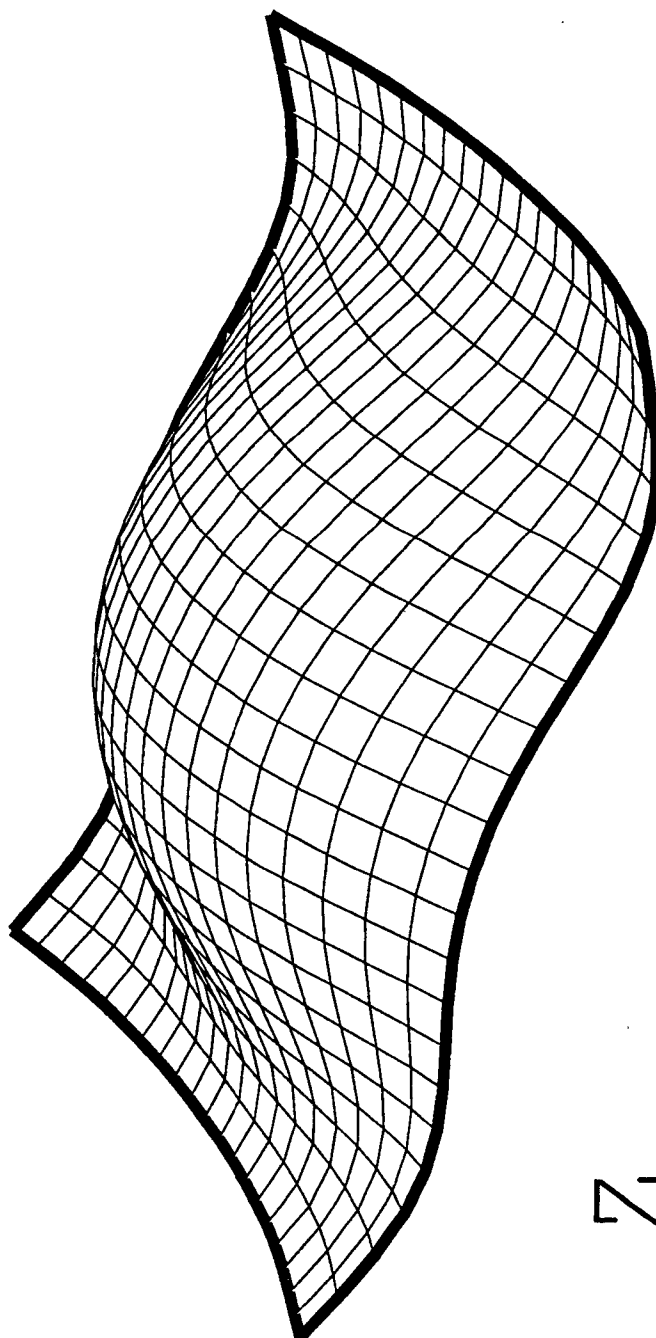
POINT MINIMAL :
-1.0 0.00 -0.17
POINT MAXIMAL :
1.0 3.0 0.50

OBSERVATEUR CARTESIEN :
7.9 6.1 5.4

POINT REGARDE :
0.00 1.5 0.16

OBSERVATEUR SPHERIQUE :
30. 30. 11.
OUVERTURE :
10.

PEAU VUE



TN3D2D

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Ce module transforme une S.D. NOPO 3D composée d'éléments 2D en S.D. NOPO 2D.

2 - CONTRAINTES

Le maillage initial doit être dans le plan (Ox,Oy).

La valeur des z est mise à 0 et n'est pas vérifiée.

3 - MISE EN OEUVRE

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

- * initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

- * appel du module

CALL TN3D2D (M,NFNO3D,NINO3D,NFNO2D,NINO2D)

avec :

M : le super tableau

NF(NI)NO3D : la S.D.E. NOPO en 3D (numéro et niveau)

NF(NI)NO2D : la S.D.S. NOPO en 2D (numéro et niveau)

TRANOP

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Créer à partir d'un maillage (S.D.E. NOPO) le maillage obtenu après translation de vecteur donné.

2 - CONTRAINTES

Seuls les maillages de type P1 sont traités.

3 - MISE EN OEUVRE

3.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'TRAN' des super modules APNOPO et APNOP3 permet l'appel de ce module.

3.2. Utilisation "batch"

- * déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc
- * déclaration des tableaux entiers NNF et NNDSO déclarés à la longueur 2 si non utilisés ou (2,LNNF) et (2,LNDSO) sinon
- * initialisation du travail (cf. [1])
CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)
- * appel du module

CALL TRANOP (M,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS,A,B,C,LNNF,NNF,LNDSO,NNDSO)

avec :

M : le super tableau
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (numéro de fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO après translation
A,B,C : composantes du vecteur de translation (C inutile en 2D)
LNNF : nombre de références à modifier
NNF : le tableau de correspondance entre les LNNF anciens numéros de référence et les LNNF nouveaux
LNDSO : nombre de sous-domaines à modifier
NNDSO : le tableau de correspondance entre le LNDSO anciens numéros de sous-domaine et les LNDSO nouveaux

TRCOAC

S.D.E. NOPO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Ce module génère une S.D. NOPO contenant comme éléments les faces (3D) ou les arêtes (2D) ayant un numéro de référence donnée par extraction de celles-ci d'un maillage 2 ou 3D.

2 - MISE EN OEUVRE

2.1. Utilisation "conversationnelle"

Le mot clé 'EXTR' du super module APNOPO ou APNOP3 permet d'activer ce module.

2.2. Utilisation "batch"

* déclaration du tableau M de LM mots dans le common blanc

* déclaration du tableau entier REF de NBREF mots

* initialisation du travail (cf. [1])

CALL INITIS (M,LM,IMPRE,NNN)

* appel du module

CALL TRCOAC (M,M,M,REF,NBREF,NFNOPE,NINOPE,NFNOPS,NINOPS)

avec :

M : le super tableau
REF : le tableau des références à sélectionner
NBREF : le nombre de ces références
NF(NI)NOPE : la S.D.E. NOPO (fichier et niveau)
NF(NI)NOPS : la S.D.S. NOPO (fichier et niveau)

TRIGEO

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Ce module génère le maillage en triangles d'un domaine bidimensionnel à partir de la donnée de son contour. La méthode utilisée est celle de A. GEORGE qui est une technique de création des éléments internes à partir de la frontière du domaine.

2 - MISE EN OEUVRE

L'appel direct de ce module, bien que possible, se révèle assez complexe. Il est donc préférable de l'appeler via le module général APNOPO, section 1.

TRIER

S.D.S. NOPO

1 - BUT

Ce module génère le maillage en triangles d'un domaine bidimensionnel à partir de la donnée de son contour. La méthode utilisée est basée sur les polyèdres de Voronoi.

2 - MISE EN OEUVRE

L'appel direct de ce module, bien que possible, se révèle assez complexe. Il est donc préférable de l'appeler via le module général APNOPO, décrit en section 1.

TRNOPO

S.D.E. NOPO

ou GEOM

1 - BUT

Visualiser sur un terminal graphique un maillage contenu dans une S.D. NOPO ou GEOM.

2 - MISE EN OEUVRE

Le préprocesseur TRNOXX permet l'appel direct de ce module qui est décrit dans le rapport MODULEF n° 96.

SECTION 5

Exemples simples d'apprentissage

5.1. Exemple numéro 1 : (utilisation de APNOPO)

Le maillage de la partie 4 d'un four à induction (cf. Figure 2, section 1 et figure ci-dessous).

L'analyse de la géométrie et la présence de plusieurs matériaux nous amènent à considérer quatre parties primales :

i) le bouclier (4.4) : sa forme quadrilatérale nous conduit à utiliser le mailleur QUACOO.

ii) la zone d'air (4.3) : il s'agit d'un quadrilatère percé d'un carré ; ainsi 2 composantes de la frontière sont présentes : le mailleur TRIHER sera utilisé.

iii) le 1/2 conducteur (4.2) : vu sa forme nous utiliserons de nouveau le mailleur TRIHER.

iv) le 1/2 circuit de refroidissement (4.1) : pour mailler ce 1/2 cercle nous employerons encore le mailleur TRIHER.

Le recollement de 4.1 et 4.2 (module RECOLC) permettra d'obtenir le maillage du 1/2 carré correspondant. Par symétrie (module MODNOP) nous construirons la partie symétrique de ce 1/2 carré qui recollée, (module RECOLC) donnera le maillage entier du circuit de refroidissement avec son conducteur.

Il reste à recoller cette partie avec la zone d'air (module RECOLC) puis à ajouter au résultat le bouclier (module RECOLC) pour obtenir le maillage complet de la partie 4 qui sera écrit (module SAUVER) sur fichier.

Ainsi les modules nécessaires sont les suivants :

- i) maillages : QUACOO et TRIHER
- ii) modifications : MODNOP et RECOLC
- iii) utilitaires : SAUVER

Les modules de maillages génèrent celui-ci à partir de la donnée d'une répartition de points décrivant le contour du domaine à traiter.

La définition de ces contours est l'union des lignes le constituant. Chaque ligne est construite à partir de ces 2 extrémités (point caractéristique) et de sa description.

La figure indique les 13 points à définir ainsi que les 16 lignes utiles.

i) le bouclier (QUACOO) : le contour C est l'union des 4 lignes $\ell 1 - \ell 7 - \ell 5 - \ell 6$ dans cet ordre, le nombre de points des lignes $\ell 1$ et $\ell 5$ d'une part et $\ell 7$ et $\ell 6$ d'autre part, sont égaux.

Construisant $\ell 1$ depuis P1 jusqu'à P2, cette première ligne du contour sera parcourue dans son sens de définition quand on tourne sur C dans le sens trigonométrique.

ii) la zone d'air (TRIER) : le contour C est l'union des 8 lignes $\ell 2 - \ell 3 - \ell 4 - \ell 7 - \ell 8 - \ell 16 - \ell 13 - \ell 12$.

Si $\ell 2$ est construite de P2 à P3, le sens de parcours de $\ell 2$ est direct quand on tourne sur C. Notons que les 4 dernières lignes sont décrites dans le sens rétrograde (trou) donc $\ell 8$ sera parcourue à l'envers (cf. fichier de data).

iii) le cercle (ligne $\ell 10 - \ell 11$) nécessite l'utilisation d'une courbe descriptive donnée dans le sens trigonométrique et repérée par son numéro 1 qui sera donc la référence des lignes 10 et 11,

soit :
$$\left. \begin{array}{l} \ell 10 : P6 \rightarrow P9 \\ \ell 11 : P8 \rightarrow P6 \end{array} \right\} \text{ fonction } f(x,y)$$

iv) le contour de 4.2 est donné comme l'union :

$\ell 8 - \ell 9 - \ell 10 - \ell 11 - \ell 14 - \ell 16$

$\ell 8$ sa première ligne, étant construite de P4 à P5 est parcourue dans le sens direct.

v) pour la partie 4.1 le choix de $\ell 15$ (définie de P7 à P8) comme première ligne nous donne comme contour $C = \ell 15 - \ell 11 - \ell 10$ avec $\ell 15$ parcourue dans son sens de définition.

Les résultats de cette rapide analyse nous permettent de générer (via APNOXX, option CREATION) un fichier de données contenant successivement les mots-clés :

COUR - POIN - LIGN

Sur chaque ligne un nombre de points intermédiaires est donné qui permet de faire varier la densité du maillage résultat.

TRIH - TRIH - TRIH - QUACOO

RECO - SYMD - RECO - RECO - RECO - RENC - SAUV - FIN.

(une renumérotation des noeuds a été effectuée avant écriture sur fichier).

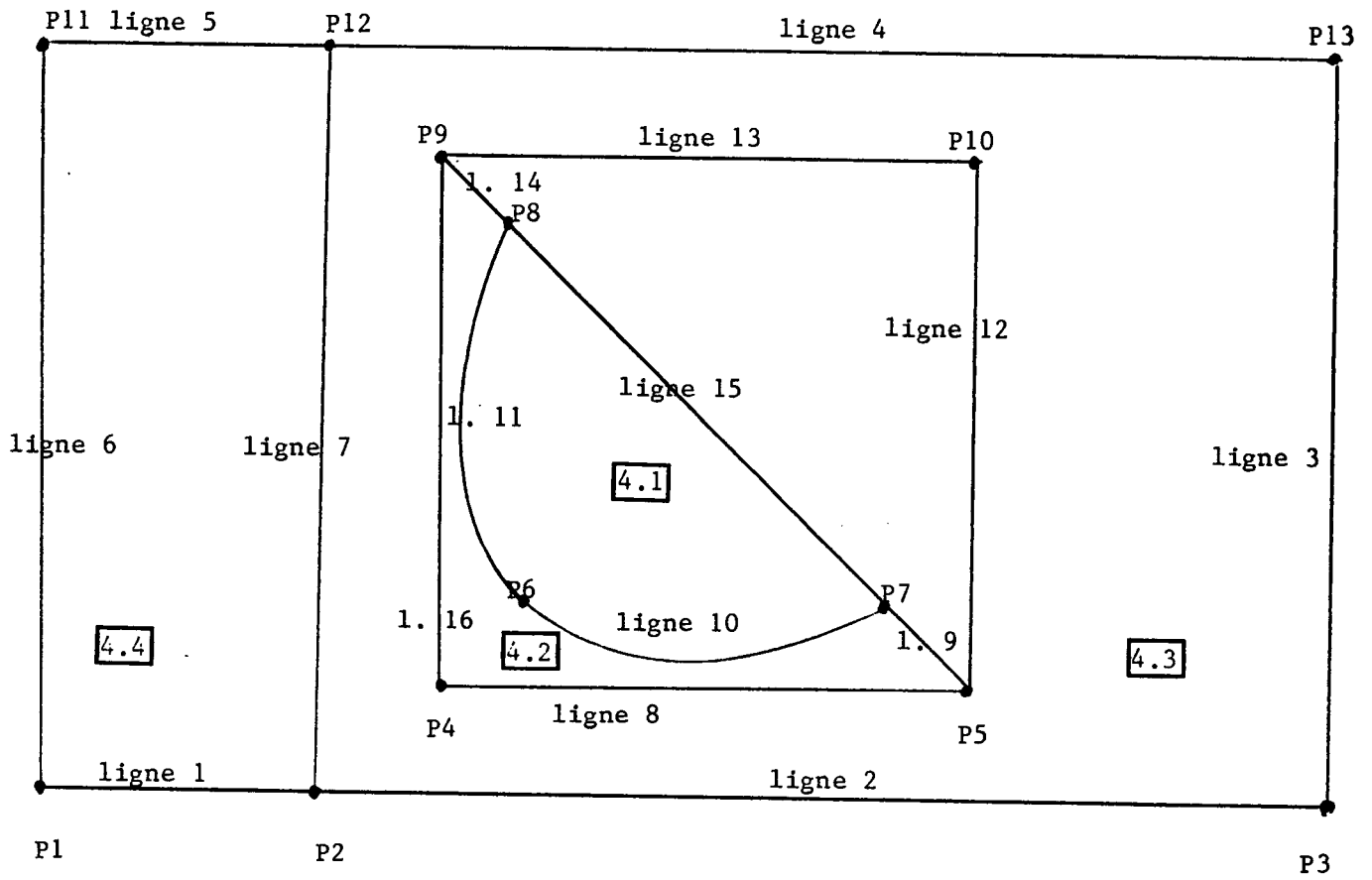
Ci-après sont fournis :

- i) le fichier de données
- ii) le listing de l'exécution
- iii) le tracé des points caractéristiques (TRPOXX)
- iv) le tracé (TRNOXX) du maillage final.

Remarque :

Aucun numéro de référence n'a été affecté, hormis pour préciser l'existence du cercle (numéro 1), pour des raisons physiques (assignation "d'efforts", blocage,...). Pour ce faire il suffit d'attribuer aux points (POIN) un numéro différent de zéro et aux lignes (LIGN) une référence également différente de zéro : celle-ci sera affectée à tous les noeuds générés sur cette ligne ainsi qu'à tous ses sous-segments.

Tout sommet d'un élément généré lors du maillage aura le numéro de référence du point caractéristique correspondant s'il est identique, les autres sommets auront les numéros de référence des lignes caractéristiques s'ils sont situés dessus et zéro sinon. Les arêtes du maillage généré auront comme numéro de référence zéro ou celui de la ligne caractéristique correspondante si elles en constituent une partie.



'PARTIE FOUR
'COURBES

1
COURBE01 (X,Y)=
X*X+Y*Y-4.;

\$ IMPRE

FIN

'POINTS

\$	NOP	13 NOREF (NOP)	X(NOP).	Y(NOP).	\$ IMPRE NPOINT \$
1	0	0	-.525000E+01	-.300000E+01	
2	0	0	-.300000E+01	-.300000E+01	
3	0	0	0.500000E+01	-.300000E+01	
4	0	0	-.212132E+01	-.212132E+01	
5	0	0	0.212132E+01	-.212132E+01	
6	1	1	-.141421E+01	-.141421E+01	
7	1	1	0.141421E+01	-.141421E+01	
8	1	1	-.141421E+01	0.141421E+01	
9	0	0	-.212132E+01	0.212132E+01	
10	0	0	0.212132E+01	0.212132E+01	
11	0	0	-.525000E+01	0.300000E+01	
12	0	0	-.300000E+01	0.300000E+01	
13	0	0	0.500000E+01	0.300000E+01	

'LIGNES

\$	NOLIG	16 NOELIG	NEXTR1	NEXTR2	NOREFL	NFFRON	\$ IMPRE NDLM \$	RAISON \$
1	5	1	2	0	0	0	0.100000E+01	
2	10	2	3	0	0	0	0.100000E+01	
3	8	3	13	0	0	0	0.100000E+01	
4	10	13	12	0	0	0	0.100000E+01	
5	5	12	11	0	0	0	0.100000E+01	
6	8	11	1	0	0	0	0.100000E+01	
7	8	2	12	0	0	0	0.100000E+01	
8	7	4	5	0	0	0	0.100000E+01	
9	2	5	7	0	0	0	0.100000E+01	
10	6	6	7	1	10	0	0.100000E+01	
11	6	8	6	1	10	0	0.100000E+01	
12	7	5	10	0	0	0	0.100000E+01	
13	7	10	9	0	0	0	0.100000E+01	
14	2	8	9	0	0	0	0.100000E+01	
15	8	7	8	0	0	0	0.100000E+01	
16	7	9	4	0	0	0	0.100000E+01	

'QUAC

\$	LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NSIL
1	7	
5	1	

'TRI

\$	LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NSIL
1	3	
2	4	
2	0	
4	1	
-4		

'TRI

\$	LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NSIL
1	2	
8	9	
1	0	
6	1	

'TRI

\$	LISTE DES LIGNES DU CONTOUR :	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD NBRELI NSIL
15	11	
1	0	
3	1	

'RECO

\$	IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
1	0
0	0

'SYMD

\$	IMP NIVEA1 NIVEA2
1	0
0	0
0.100000E+01	0.100000E+01
0.000000E+00	

'RECO

\$	IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
1	0
0	0

'RECO

\$	IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
1	0
0	0

'RECO

\$	IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
1	0
0	0

'RENC

\$	IMP NIVEA1 NIVEA2
1	0

'SAUV

\$	IMP NINPOPO NTNPOPO
1	0

FOUR.NOPO
\$ NOM FICHIER
'F

MODULEF : george

PARTIE_FOUR

29/09/88

four.nopo

166 POINTS

166 NOEUDS

262 ELEMENTS

234 TRIANGLES

28 QUADRANGLES

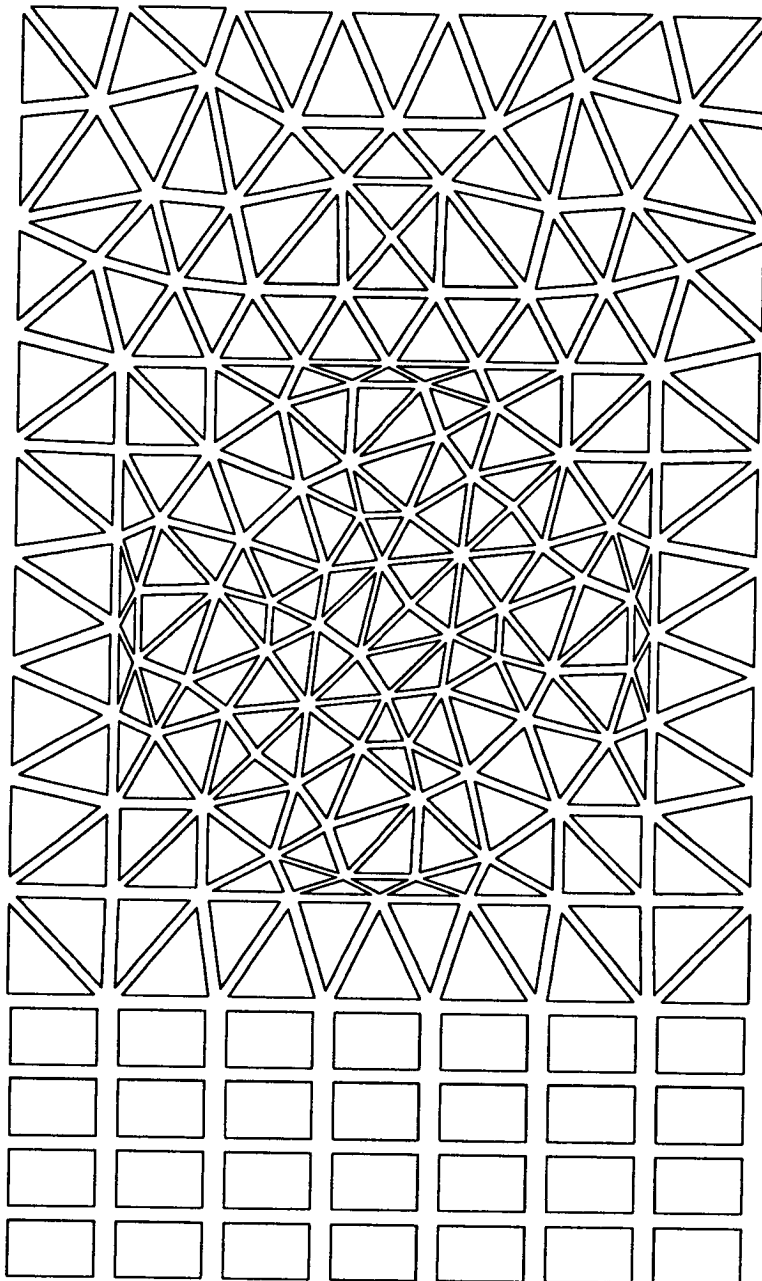
0 TROU(S)

COIN BAS GAUCHE :

-5.8 -5.3

COIN HAUT DROIT :

5.5 5.3



5.2. Exemple numéro 2 : (cadre tridimensionnel)

Plutôt que de créer un problème de maillage, nécessairement académique, nous allons renvoyer aux différents cas présentés dans ce papier.

Pour APNOP3 on se reportera à l'exemple de la section 2.

Pour COLIB2 on se reportera aux exemples de la section 3 partie 1.

Pour GEL3D1 on se reportera aux exemples de la section 3 partie 2.

Pour MA2D3E on se reportera aux exemples de la section 3 partie 3.

Rappelons néanmoins qu'il est, dans ce cas, très important d'analyser le problème de maillage afin de choisir une stratégie optimale : détermination des parties à mailler (utilisation des propriétés géométriques), choix du mailleur le mieux adapté (en fonction de la géométrie du domaine), paramétrisation des données...

INDEX

ADPNOP	ajout des noeuds	247
ADPO	Mot-clé : ADPNOP	45-89
AFFL	Mot-clé : AFFNOP	43
AFFNOP	affinage local (2D)	249
AKHHAT	renumérotation	257
APN3XX	préprocesseur de APNOP3	72-74
APNOP3	processeur de création/manipulation de maillages 3D	59-74
APNOPO	processeur de création/manipulation de maillages 2D	9-27
APNOXX	préprocesseur de APNOPO	23-27-49
BARR	Mot-clé : génération de poutres	36
CLNO**	utilitaires de manipulation du tableau 5 d'une S.D. NOPO	263
COLIB2	générateur 3D par découpage d'éléments grossiers	101-269
COLIBH	COLIB2 réduit à un seul hexaèdre grossier	116
COLIBP	COLIB2 réduit à un seul pentaèdre grossier	115
COLIBR	COLIB2 avec les données dans un fichier	118
COLIBT	COLIB2 réduit à un seul tétraèdre grossier	114
COMACO	interpolation éléments finis (cf [13])	23-90
CONOPO	générateur manuel de maillages	271
CONV	bibliothèque des programmes "conversationnels"	
COUR	Mot-clé : définition de courbes (2D)	29
courbe	cf section 1	18
DEFNOP	construction d'un maillage déformé	275
DESS	mot-clé : dessin	47-91
DILA	mot-clé : dilatation	40-85
DILNOP	dilatation anisotropique d'un maillage	277
DTRI3D	découpage de maillages 3D en tétraèdres	279
E	fonction de GEL3D1	140
EXTR	mot-clé : TRCOAC	47-91
F	fonction de GEL3D1	140
FFRONT	fonction de définition de courbe (2D)	18-27-29-31
FIN	Mot-clé : end of job ou fin de données	49-93

G	fonction de GEL3D1	140
GEL3D1	générateur 3D en topologie hexaédrique	133
GEOM	S.D. de type GEOM (cf [2])	
GEONOP	transforme une S.D. GEOM en une S.D. NOPO	283
GIBBS	renumérotation	285
hybride	éléments finis de type hybride (cf [100], [101])	20-69
IMGEOM	image d'une S.D. GEOM	287
IMNOPO	image d'une S.D. NOPO	289
IMPR	mot-clé : impression	48-92
INFOGE	information sur une S.D. GEOM	291
INFONO	information sur une S.D. NOPO	293
INITI	initialisation Modulef (cf [1])	28-75-295
INITIS	initialisation Modulef (cf [1])	295
INTR	mot-clé : introduction en M.C. d'une S.D. (SDREST)	48-77-92
Lagrange	élément fini de type Lagrange (cf [100], [101])	20-69
LIGN	mot-clé : définition des lignes (2D)	31
lignes	description d'un contour en terme de lignes (2D)	31
MA23	mot-clé : MA2D3E (MA2D3D)	78
MA2D3D	générateur 3D à partir d'un maillage 2D	165
MA2D3E	générateur 3D à partir d'un maillage 2D	189
MANU	mot-clé : CONOPO	35-80
MAOBJE	mailleur pour un seul élément de référence	22-273
MC	mémoire centrale	
MODNOP	transformation de maillages	299
MS	mémoire secondaire ou fichier	
NOP2	bibliothèque Modulef des programmes de maillage 2D	
NOP2P1	correspondance éléments finis P2 → P1	303
NOP3	bibliothèque Modulef des programmes de maillage 3D	
NOPGEO	transforme une S.D. NOPO en une S.D. GEOM	305
NOPO	bibliothèque Modulef des programmes de maillage généraux	
NOPO	S.D. NOPO (cf [2])	
NUME	mot-clé : changement de numéros (références, sous-domaines)	44-88

OBJE	mot-clé : MAOBJE	36-81
PIGRA	régularisation de maillage 2D	307
POIN	mot-clé : création des Points caractéristiques	30-76
PPAL	bibliothèque Modulef des programmes "d'appel"	
QUA4TR	coupe chaque quadrangle en 4 triangles	311
Q4T	mot-clé : QUA4TR	42
QUAC	mot-clé : QUACOO	32
QUACOO	générateur 2D pour un quadrilatère déformé	313
RECO	mot-clé : RECOL	41-86
RECOLC	recollement de 2 maillages	315
référence	numéro de référence	19-68
REFNOP	référence des arêtes et faces	319
REFPOI	référence de points	321
REGMA2	régularisation (2D)	323
REGU	mot-clé : REGMA2	42
RENC	mot-clé : renumérotation noeuds	45-89
RENE	mot-clé : renumérotation des noeuds et éléments	45-89
RETR	mot-clé : RETRIN	42-87
RETRIN	découpage de chaque élément en éléments du même type	327
ROTA	mot-clé : MODNOP (rotation)	39-84
ROTNOP	rotation d'un maillage	331
SAUV	mot-clé : sauvegarde sur M.S. (SAUVER)	46-90
SAUVER	écrire une S.D. sur un fichier	23
SDREST	restitue une S.D. d'un fichier en M.C.	23
sous-domaine	numéro de sous-domaine	17-19-67-68
SPDPTS	fonction de définition manuelle de points caractéristiques	30-76
SU23	mot-clé : TN2D3D	79
SYMD	mot-clé : MODNOP (symétrie)	37
SYMP	mot-clé : MODNOP (symétrie)	82
SYMNOP	symétrie d'un maillage	333
TETR	mot-clé : DTRI3D	87
THELAS	calcul des matrices élémentaires (cf [14])	90
TN2D3D	surface dans l'espace	335
TN3D2D	projection	339
TRAN	mot-clé : MODNOP (translation)	38-83
TRANOP	translation d'un maillage	341
TRCOAC	extraction d'éléments	343

TRIA	mot-clé : TRIGEO	33
TRIGEO	mailleur 2D frontal	345
TRIH	mot-clé : TRIHER	34
TRIHER	mailleur 2D (Voronoi)	347
TRNOPO	traceur de maillages (cf [96])	90-349
TRNOXX	préprocesseur de TRNOPO (cf [108])	
TRPOXX	préprocesseur de TRPOIN (cf [108])	
TUER	mot-clé : TUESD	48-92
TRPOIN	traceur de points caractéristiques (cf [96])	
TUESD	supprimer les tableau d'une S.D. (cf [1])	
UTSD	bibliothèque Modulef des programmes de manipulation des S.D.	
UTIF	bibliothèque Modulef des utilitaires de base non portables	
UTIL	bibliothèque Modulef des utilitaires de base	
XYZ23	fonction de MA2D3E (MA2D3D)	74-171-201
XYZ33	fonction de MA2D3E	74-203

Bibliographie

- (1) P.L. GEORGE, B. MULLER, M. VIDRASCU "Guide d'utilisation et Normes de programmation", Mars 1986.
- (2) A. PERRONNET, "Description des structures de données du Club Modulef", Avril 1987.
- (10)* P.L. GEORGE, A. MARROCCO, R. PIERROT, F. PISTRE, J. VAZEILLES, "Maillage automatique tridimensionnel, Modules COLIBR, COLIB2, COLIBT, COLIBP, COLIBH, GEL3D1, MA2D3D", Février 1985.
- [Per] A. PERRONNET, "Le module APMEFI", version 3.2, mai 1981.
- [KJP] O. KOUTCHMY, P. JOLY, A. PERRONNET, "Les modules de maillages bidimensionnels du Club Modulef, 1977.
- (13) P.L. GEORGE, A. PERRONNET, D. STEER, "Description du maillage interpolation, modules COMAC2, COMAC3, COMACO", Mars 1987.
- (14) P.L. GEORGE, M. VIDRASCU, "Modules de création des tableaux élémentaires associés aux éléments", Mars 1985.
- (85) MODULEF : "Présentation du Club Modulef", Décembre 1988.
- (94) P. LAUG, "Les fonctions interprétées", version 85, 1985.
- (96) B. MULLER, P.L. GEORGE, E. SALTEL, "Bibliothèque Modulef : aspects graphiques", mai 1987.
- (99)* P.L. GEORGE, P. LAUG, F. PISTRE, "Construction et modification de la structure de données NOPO", version 86, 1986.
- (100) P.L. GEORGE, K. LEEUWIN, B. MULLER, Fiches Techniques "Eléments Finis", Bibliothèque Thermique, Avril 1988.
- (101) MODULEF et all., Fiches Techniques "Eléments Finis", Bibliothèque d'Elasticité, avril 1983.
- (104)* P.L. GEORGE, "Mailleur bidimensionnel du Club Modulef, le module APNOPO", mai 1986.

- (108) P.L. GEORGE, "Utilisation conversationnelle de Modulef, Programmes principaux, programmes conversationnels", version 86, Mai 1986.
- [GEO1] P.L. GEORGE, "La conception descendante appliquée à la réalisation concrète d'un maillage", Rapport Technique INRIA n°52, mai 1985.
- [MOD] M. BERNADOU, P.L. GEORGE, A. HASSIM, P. JOLY, P. LAUG, A. PERRONNET, E. SALTEL, D. STEER, G. VANDERBORCK, M. VIDRASCU, "MODULEF : une bibliothèque modulaire d'éléments finis", seconde édition Décembre 1988.
- [GEO] P.L. GEORGE, "MODULEF : Génération automatique de maillages", INRIA Collection didactique n°2, Seconde Edition, 1988.
- [GS] P.L. GEORGE, E. SALTEL, Diaporama : "Bibliothèque Modulef : Quelques réalisations concrètes de maillages", 1985.
- [GG] P.L. GEORGE, A. GOLGOLAB, "Mailleur 3D en topologie cylindrique", Rapport Technique n°100, octobre 1988.
- [GEO2] P.L. GEORGE, "Mailleur 3D par découpage structuré d'éléments grossiers", Rapport INRIA à paraître.

(lettre) Référence bibliographique générale
(numéro) Rapport Modulef correspondant à ce numéro
(numéro)* Rapport Modulef remplacé par le présent papier.

Dactylographie réalisée par Maryse DESNOUS, Nicole HORNEBECK aidée par Fabienne JOSSEAUME. Travail imposant !